

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки 12.03.02 «Оптотехника»

Кафедра лазерной и световой техники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Расчет лазерной оптоволоконной системы инициирования на основе азида свинца

УДК 621.373.826:681.7.068.001.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В21	Д. Е. Кусаинова		

Руководитель

Должность	ФИО	Уч. степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЛИСТ ТПУ	А. С. Скрипин	К. ф.-м. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН ИЭФ ТПУ	Е.А. Грахова			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭБЖ	О.Б. Назаренко	Д. Т. Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. каф. ЛИСТ	А. Н. Яковлев	к. ф.-м. н. доцент		

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области <u>оптотехники</u>
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий
P3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий <u>оптотехники</u>
P4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий
P5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов
P6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области <u>оптотехники</u>
P8	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике
P10	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт физики высоких технологий  
Направление 12.03.02 «Оптотехника»  
Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЛИСТ

А. Н. Яковлев

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме

бакалаврской работы
---------------------

Студенту

Группа	ФИО
4B21	Кусаиновой Дине Елмуратовне

Тема работы

Расчет лазерной оптоволоконной системы инициирования на основе азида свинца	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом готовой работы:	06. 06. 2016 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>  (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы [непрерывный, периодический, циклический и т. д.]; вид сырья и материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования [эксплуатации] объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)	Объектом исследования является транспортировка и фокусировка мощного лазерного излучения; предоставляется соответствующая литература, программное и аппаратное обеспечение для выполнения расчетов и чертежей; следует установить оптимальные энергетические характеристики лазерного излучения и соответствующие геометрические параметры фокусирующих систем.
<b>Перечень подлежащих исследованию,</b>	Аналитический обзор литературных источников

<b>проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки и техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i>	по лазерным системам инициирования (преимущества, имеющиеся разработки); энергетический расчет лазерной системы; анализ способов фокусировки лазерного излучения на заряде ВВ; анализ способов ввода излучения в оптическое волокно; конструкция разветвителей; вывод по работе.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Блок-схема лазерной системы инициирования; способы фокусировки излучения на заряде взрывчатого вещества.

### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Е.А. Грахова, ассистент каф. МЕН ИЭФ ТПУ
Социальная ответственность	О.Б. Назаренко, д. т. н., профессор каф. ЭБЖ
Раздел ВКР на иностранном языке	—

### Названия разделов, которые должны быть выполнены русским и иностранным языках:

—	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01. 10. 2015 г.

### Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Аспирант каф. ЛиСТ	А. С. Скрипин	К. ф.-м. н.		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В21	Д. Е. Кусаинова		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 82 страниц, 20 рисунков, 21 таблица, 38 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: инициирование, подрыв, лазерное система инициирования, взрывчатое вещество, азид свинца, энергетический расчет, фокусирующая система.

Объектом исследования является транспортировка и фокусировка мощного лазерного излучения.

Цель работы: произвести расчет лазерной оптоволоконной системы на основе азида свинца.

Исследования проводились на основе данных из обработанных статей.

В результате исследования обоснована целесообразность использования лазерной оптоволоконной системы инициирования, разработана оптимальная схема.

Степень внедрения: лазерная система на основе полученной блок-схемы шкалы дает конкурентное преимущество по сравнению с существующими лазерными системами инициирования.

Область применения: лабораторные исследования, исследования в промышленных и военных предприятиях.

## Определения

В работе используются следующие термины:

**Азид свинца** – химическое соединение  $Pb(N_3)_2$ , соль азотистоводородной кислоты.

**Взрывчатое вещество** – конденсированное химическое вещество или смесь таких веществ, способное при определенных условиях под влиянием внешних воздействий к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению (взрыву) с выделением большого количества тепла и газообразных продуктов.

**Линза** – прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями.

## Обозначения и сокращения

ЛСИ – лазерная система инициирования;

ВВ – взрывчатое вещество;

ОД – огнепроводный шнур;

ДШ – детонирующий шнур;

ОС – оптическая система;

ПРЗ – пространственно-разнесенные заряды;

ТЭН – химическое взрывчатое вещество пентаэриттетранитрат, пентрит;

ЭПИ – энергетический порог инициирования.

## Оглавление

Введение.....	9
1. Обзор литературы по разрабатываемым вопросам.....	11
2. Теоретический анализ.....	23
3. Расчетный лазерной оптоволоконной системы.....	31
3.1. Энергетический расчет.....	31
3.2. Эффективность фокусировки излучения различными способами.....	32
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
4.1. Предпроектный анализ.....	37
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	37
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	38
4.1.3. SWOT – анализ.....	39
4.2. Организационная структура НТИ.....	41
4.2.1. Цели и результаты исследования.....	41
4.2.2. Перечень работ.....	42
4.2.3. Определение трудоемкости работ.....	42
4.2.4. Построение графика работ.....	44
4.3. Бюджет научно-технического исследования.....	44
4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	44
4.3.2. Основная и дополнительная заработная плата исполнительной темы.....	45
4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды.....	46
4.3.4. Накладные расходы.....	47
4.4. Определение ресурсной, социальной и экономической эффективности исследования.....	48
5. Социальная ответственность.....	52
5.1. Производственная безопасность.....	54

5.1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной сферы.....	54
5.1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной сферы.....	59
5.2. Экологическая безопасность.....	60
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	64
Заключение.....	66
Список используемых источников.....	67
Приложение А.....	71
Приложение Б.....	79



## Введение

В период стремительного прогресса современной науки и техники одно из передовых мест, безусловно, принадлежит разработке и применению лазерных систем. На сегодняшний день лазеры выполняют огромное количество технологических операций, позволяя упростить и ускорить работу, сэкономив время. Лазерные установки стали незаменимы в научных и многих других исследованиях, а их уникальные свойства доказывают их ценность, эффективность и многогранность.

Одним из направлений использования лазеров являются лазерные системы инициирования взрывчатых веществ. Такая система находит широкое применение в горнодобывающих отраслях, строительных фирмах, а также в военных предприятиях.

Разработка безопасной системы инициирования взрывчатого вещества осуществляется в течение всей истории вышеперечисленных отраслей промышленности. За это время был проведен колоссальный труд по созданию такой системы, а методы лазерного воздействия стали наиболее продвинутыми и самыми эффективными.

На современном этапе основными проблемами в системах инициирования являются вопросы безопасности системы, скорость срабатывания, отсутствие энергетических расчетов и расчетов фокусировки лазерного излучения по данной теме и качество лазерного пучка.

Актуальностью темы ВКР является то, что данная работа позволяет решить ряд рассмотренных проблем, связанных с лазерной системой инициирования взрывчатого вещества, а именно азид свинца. Благодаря проведенной работе возможно исключение потери энергии на излучение, инициирование, исключение удельного расхода взрывчатых веществ. Все это позволит оптимизировать лазерную систему инициирования и открыть ее в новом свете.

Объект исследования: транспортировка и фокусировка мощного лазерного излучения в оптоволоконных системах.

Предмет исследования: инициирование заряда взрывчатого вещества излучением, передаваемым в оптоволоконной системе.

Цель данной работы – произвести расчет лазерной оптоволоконной системы на основе азида свинца.

Для достижения поставленной цели есть необходимость в решении ряда задач:

1. Аналитический обзор литературных источников, в том числе зарубежных.
2. Освоение оборудования по данной проблематике;
3. Исследование и анализ существующих на данный момент систем инициирования.
4. Исследование поведения взрывчатых веществ при воздействии лазерным излучением.
5. Производство расчетов системы.
6. Анализ полученных расчетов и их использование для получения оптимальной системы фокусировки лазерного излучения.
7. Получение теоретических выводов и практических рекомендаций.

Структура ВКР обусловлена предметом, целью и поставленными задачами. Работа включает в себя введение, две главы — теоретическую и практическую часть, и заключение.

Введение отражает актуальность данной темы, определяет уровень научной разработки темы, цель работы, а также раскрывает теоретическую и практическую значимость работы.

В первой главе рассматриваются общие сведения о лазерных системах инициирования и взрывчатых веществах.

Вторая глава посвящена непосредственному энергетическому расчету и расчету фокусировки мощного лазерного излучения на вводе, а также разработке систем фокусировки.

Заключение включает в себя итоги исследования и окончательные выводы по данной теме.

## 1. Обзор литературы по разрабатываемым вопросам

В настоящее время существует большое количество разновидностей систем инициирования, которые будут рассмотрены в данной работе для сравнения их с лазерной оптоволоконной системой и определения ее преимуществ перед другими.

Системы инициирования делятся на неэлектрические и электрические, а также лазерные. К электрическим системам инициирования относятся система инициирования зарядов взрывчатых веществ, где наружная электровзрывная сеть выполняется из электрического провода для инициирования [1]. Используются индукционные электродетонаторы, срабатывающие мгновенно или с короткозамедленным действием, имеющие трансформаторный узел защиты, которые объединены в одну или несколько групп. Подрыв зарядов осуществляется мгновенно или с замедлением инициирующими высокочастотными аппаратами. Интервалы замедлений и последовательность взрывания скважинных зарядов взрывчатых веществ обеспечиваются за счет сочетания электронных задержек времен подачи высокочастотных импульсов в каналах взрывных устройств, и/или пиротехнических замедлений индукционных электродетонаторов. Данная система инициирования зарядов взрывчатых веществ дает возможность повысить эффективность проведения взрывных работ повышая управляемость массовых взрывов, безопасность, снижение потери материалов взрывчатых веществ, обеспечение безотказной работы зарядов. К неэлектрическим системам инициирования относятся системы, в структуру которого входит огнепроводный шнур, детонирующий шнур или низкоэнергетический волновод, который передает капсулю-детонатору, импульс для инициирования в виде детонационной волны, передающийся пластмассовой трубке, которая изнутри покрыта порошкообразным ВВ [2]. Лазерная система инициирования представляет собой лазер, оснащенный коллиматором и фокусирующей системой для ввода излучения в оптическое волокно [3]. Импульс лазерного излучения проходит через оптический разъем в оптоволоконный кабель. На конце кабеля

находится детонатор с небольшим количеством взрывчатого вещества. Этот детонатор вставляется в гнездо основного заряда ВВ. Инициирование осуществляется через пульт управления, состоящий источника питания лазера, регулятора тока и кнопки подрыва.

В электрической системе инициирования основными элементами являются электрический провод и электродетонаторы.

Электрический провод состоит из жилы, которая проводит электрический ток и изоляции. Жила, как правило, является медной или алюминиевой проволокой. Жила может состоять из нескольких скрученных проволок, и такая система называется многопроволочной жилой. Выбор типа жилы зависит от условий применения. В качестве изоляции используют лаковые покрытия, полимеры, бумагу, материалы вроде шелка и хлопка, а также их комбинации. В некоторых случаях для медного проводника изолятором служит оксидная пленка. У голых проводов изоляции нет [4].

Электродетонатор представляет собой капсуль-детонатор с гильзой из металла или пластмассы, в которой находится электровоспламенитель, состоящим из головки, пластмассовой пробки и проводов. Электродетонаторы по способу возбуждения делятся на искровые и накаливные.

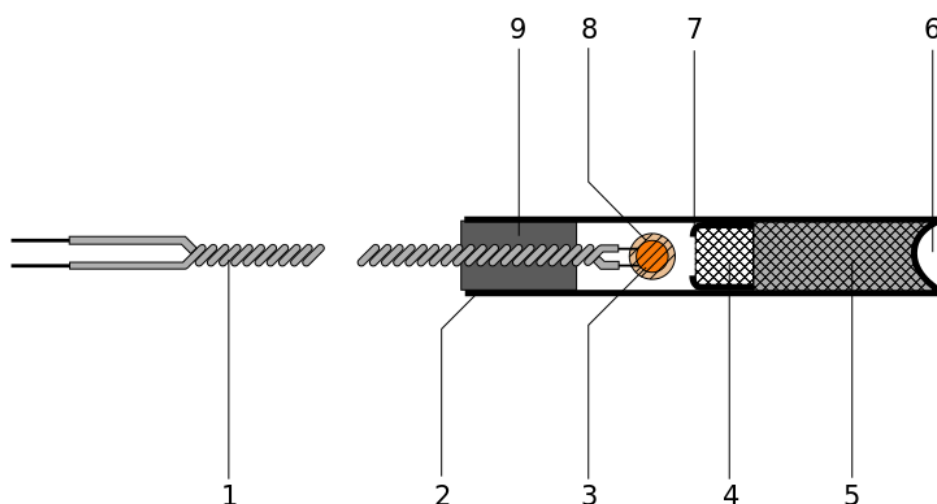


Рисунок 1 — Устройство электродетонатора [5]

1 — провода, 2 — корпус, 3 — мостик накаливания, 4, 5 — заряд ИВВ, 6 — «кумулятивное» углубление, 7 — чашечка с защитной сеточкой, 8 — воспламеняющаяся головка, 9 — полимеро-мастичная пробка

В искровых электродетонаторах инициируемое взрывчатое вещество активируется за счет действия тока электрической дуги, который протекает между электродами, а напряжение питания может достигать значений порядка нескольких тысяч вольт.

В накаливаемых электродетонаторах возбуждение происходит также под действием тока, но в этом случае ток течет по накаливаемому мостику.

Электродетонатор по времени срабатывания можно разделить на мгновенные и короткозамедленного действия.

Отечественная и зарубежная промышленности выпускают электродетонаторы с задержкой по времени от сотых до десятых долей секунды. Подобные детонаторы дают возможность проведения сложных взрывных работ, таких как: снос зданий и сооружений, взрывы в горнорудном деле, и так далее.

Также к средствам инициирования относятся огнепроводный шнур, детонирующий шнур, капсуль-детонатор.

Огнепроводный шнур представляет собой шнур, состоящий из внешней оплетки и сердцевины. Последнее является плотно спрессованным дымным порохом, оболочкой же шнура является трехслойная оплетка. ОШ осуществляет передачу луча огня детонатору или пороховому заряду в определенный диапазон времени. Время горения одного шнура должно занимать 95 – 105 с [6].

При наличии трещин, переломов или других дефектов у шнура, он не допускается к работе, так как это может привести к разрывам пороховой нити и дальнейшей остановке процесса горения. В крайнем случае, тление оболочки может создать неопределенность момента взрыва, которое влечет за собой несчастные случаи.



Рисунок 2 — Устройство огнепроводного шнура [6]

Детонирующий шнур снаряжен ВВ, которых способен детонировать при малых диаметрах. ДШ используют для передачи взрыва от одного заряда к другому и для одновременного возбуждения взрыва нескольких зарядов. ДШ должен иметь постоянную скорость детонации по всей протяженности. Однако, различные группы шнура обладают своими различными скоростями детонации, поэтому каждая из этих групп в обязательном порядке имеет паспорт, в котором все это обговаривается [6].

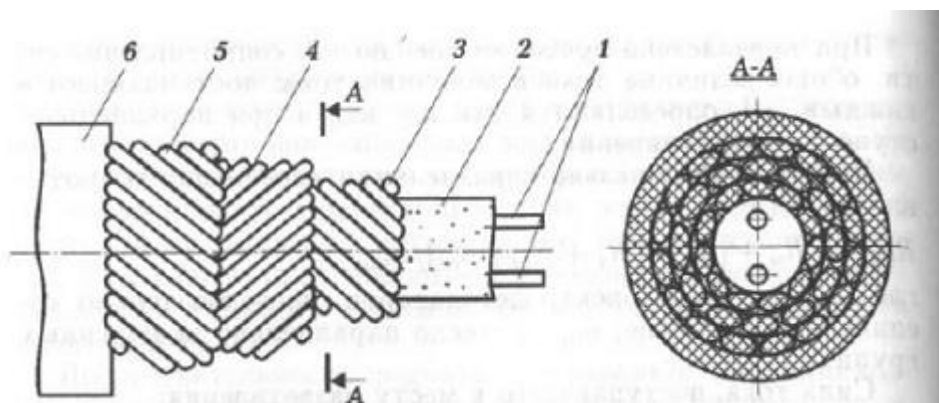


Рисунок 3 — Устройство детонирующего шнура

1 — направляющие нити; 2 — взрывчатая сердцевина шнура; 3, 4, 5 — первая, вторая и третья спиральные оплетки; 6 — внешняя изолирующая оболочка [6].

Ошибка измерения скорости детонации шнура достигает четырех и более процентов, вследствие чего стоит проверять скорость детонации в особо ответственных случаях.

Качественный детонирующий шнур не должен давать вспышек и взрывов при внешнем воздействии, например, при резании ножом.

Капсюль-детонатор предназначен для детонации различных зарядов бризантных ВВ. В данной работе пойдет речь о капсюле-детонаторе №8 в связи с тем, что является часто применяемым [6].

Капсюль-детонатор №8 состоит из металлической гильзы, снаряженной иницирующим веществом только или в купе с бризантным веществом.



Рисунок 4 — Схематический разрез капсюля-детонатора № 8 [6].

Поверх иницирующего ВВ запрессовывается чашечка с отверстием, предназначенная для обеспечения стойкости заряда при механическом воздействии. При оснащении капсюлей-детонаторов ВВ учитывают возможность химического взаимодействия ВВ с металлом гильзы. Для азидных капсюлей используется алюминиевая гильза.

Воспламенение данного детонатора происходит благодаря огнепроводному шнуру или электрозапалу.

Воспламенение капсюля-детонатора с помощью электрозапала имеет ряд преимуществ:

- осуществление дистанционного подрыва,
- одновременный подрыв группы зарядов
- осуществление подрыва в замкнутом пространстве.

Лазерный детонатор, относящийся к непосредственно лазерной системе инициирования, представляет собой конструкцию, которая состоит из трех основных частей: лазерного канала, оптической системы (ОС) и зарядового канала.

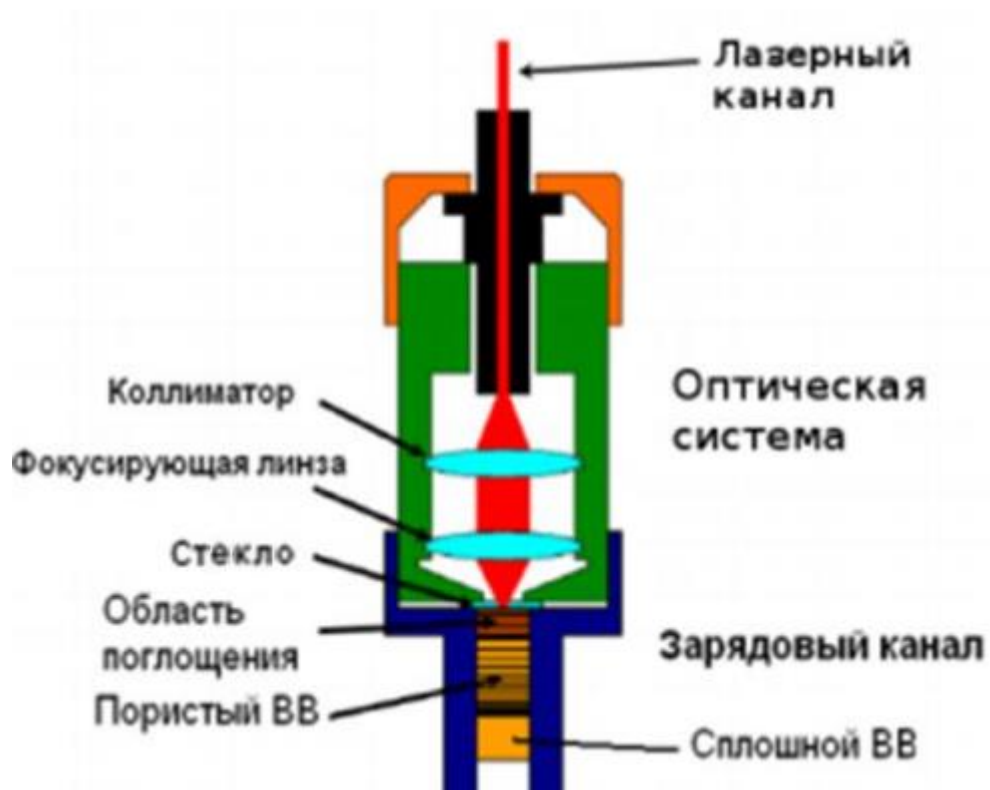


Рисунок 5 — Устройство лазерного детонатора [7].

Лазерный импульс распространяется по оптоволокну, попадает в ОС, откуда луч направляется на ВВ. Зажигание происходит в случае облучения ВВ импульсом достаточной мощности, далее происходит горение и детонация [7].

Зарядовый канал является системой, которая состоит из наружной оболочки, удерживающего окна и заряда ВВ.

Очевидно, что на этом список средств инициирования не заканчивается: существует огромное их количество. Однако, в основе всех них лежат именно вышеперечисленные устройства. Остановимся на рассмотренных средствах инициирования.

Для полного понимания лазерных систем инициирования, необходимо изучить существующие разработки.

В настоящее время существует множество разновидностей лазерных систем инициирования. Изобретения отличаются по своей конструкции, взрывчатым веществом, которое инициируется, предназначением (отрасли, в которых будет использоваться ЛСИ: горное дело, сейсморазведка и т.д.).



*Система лазерного инициирования и способ управления инициированием пространственно-разнесенных зарядов [8].*

Данное изобретение используется в горном деле, добыче нефти и газа, а также других полезных ископаемых. Устройство предоставляет возможность повысить надежность инициирования, увеличить число единовременно взрывающихся зарядов при одинаковой энергии лазерного излучения и облегчить производство устройства для инициирования. Сущностью изобретения является то, что оптическая среда сделана в виде оптического полимера с показателем преломления больше, чем показатель преломления световедущей жилы оптического волокна. Оптический полимер наносится на оптические окна в виде тонкой пленки и/или введен в состав инициируемого заряда, причем, показатели преломления оптической среды увеличивают по мере удаления от источника излучения. Оптические окна выполнены с площадью не менее  $0,1 \text{ мм}^2$ . Для регулирования инициированием пространственно-разнесенных зарядов (ПРЗ) источник излучения объединяют с ПРЗ посредством оптического волокна, выполняют в волокне оптические окна, располагающиеся последовательно по всей его длине. Регулируют энергию инициирования заданными свойствами оптической среды.

Управление свойствами ОС, передающей необходимую энергию от источника излучения к инициируемым зарядам, позволяет использовать самые различные инициируемые вещества. Для оптического кварцевого волокна этот диапазон составляет от 200 до 3000 нм. При расширении оптического диапазона изобретение сохраняет свою актуальность.

В качестве оптической среды возможно использование различных полиамидов, смол, полиэфиров, поликарбонатов и т.д. с различными добавками, имеющие коэффициенты преломления  $n > 1,46$ .

В качестве инициируемого заряда возможно использование бризантных ВВ (тэн, гексоген, октоген и др.), инициирующие ВВ (азиды, соли полинитроароматических соединений, например, тринитрорезорцинат свинца), координа-

ционные соединения с высокоэнергетическими лигандами (переходных металлов с перхлорат-ионом, например, циркон) смесевые твердые ракетные топлива, пороха и пиротехнические составы. Выбор ВВ в качестве инициируемого заряда зависит от мощности источника излучения и числа одновременно подрываемых зарядов.

Подрываемый заряд может быть, как в виде воспламенителя (с присоединением отдельного лучевого капсюля-детонатора), так и в виде детонатора.

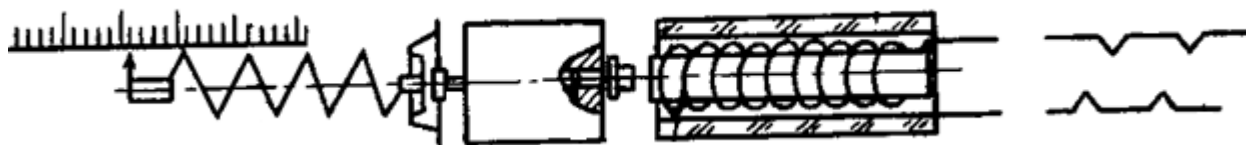


Рисунок 6 — Схема лазерной системы инициирования.

Недостатком данной ЛСИ является неспособность обеспечить достаточную надежность инициирования, потребность использования высокочувствительных ВВ в качестве инициируемого заряда, что в первую очередь связано с большими потерями энергии по границе ВВ - световод.

При большом числе зарядов (для предоставления наилучшего распределения энергии лазера) возможно регулирование энергией только размером оптического окна, через которое инициируется заряд. Однако такие размеры окна не предоставят плотность энергии, нужной для инициирования зарядов. Использование же больших оптических окон приводит к значительной потере энергии лазера на малом количестве окон.

#### *Лазерная оптоволоконная система инициирования зарядов (ЛОСИЗ)*

ЛОСИЗ применяют при ведении взрывных работ при добыче полезных ископаемых в горнодобывающем производстве, строительстве, геологоразведке, геофизике [9].

Система включает в себя полупроводниковый лазер на гетероструктурном переходе, оптоволоконную линию для транспортировки энергетического импульса оптическим детонаторам (ОД), устройство управления транспорти-

ровкой лазерных импульсов к ОД с помощью магнитооптического пространственно-временного модулятора (МПВМ). Оптические детонаторы, которые содержат энергонасыщенные светочувствительные вещества, объединены с источником излучения посредством световодов и МПВМ. В состав МПВМ входит прозрачная пластина магнетика, находящаяся среди систем катушек. Устройство осуществляет программирование порядка приведения в действие ОД.

#### *Многоканальная лазерная оптоволоконная система инициирования*

Система состоит из компактного неодимового лазера, оптического волокна, светочувствительного капсюля-детонатора, на основе инициирующих или вторичных ВВ, а также устройства согласования лазерного пучка.

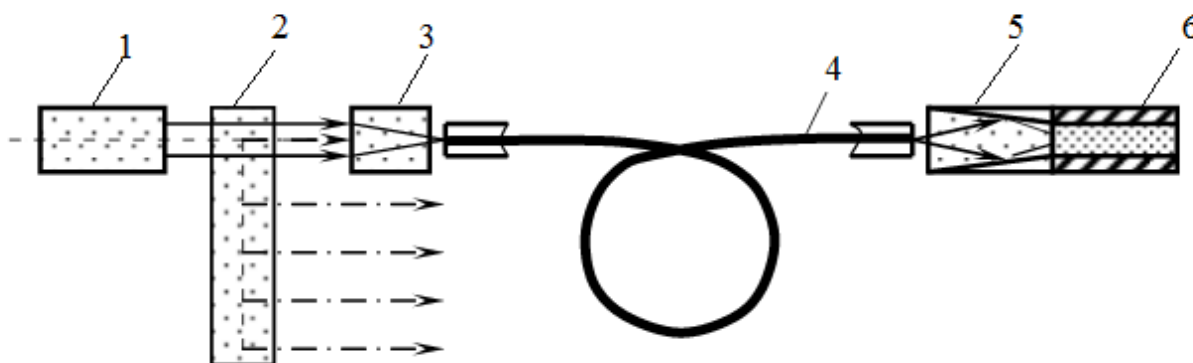


Рисунок 7 — Схема оптоволоконной ЛСИ. 1 — источник излучения; 2 — оптический разветвитель; 3 — согласующий элемент; 4 — оптическое волокно; 5 — концентратор; 6 — заряд ВВ [10].

Система обеспечивает синхронность срабатывания более 100 каналов с задержкой менее 1 мкс.

Конструкция из твердотельного лазера с длительностью импульса 8 нс. Такой импульс позволяет обеспечить оптимальную энергию инициирования ВВ и короткую задержку срабатывания.

*Неэлектрическая система инициирования Nonel шведской фирмы Nitro Nobel [11].*

Система применяется в горной промышленности. В состав структуры входит детонатор, проводник сигналов, соединитель, подрывные устройства или взрывные машинки.

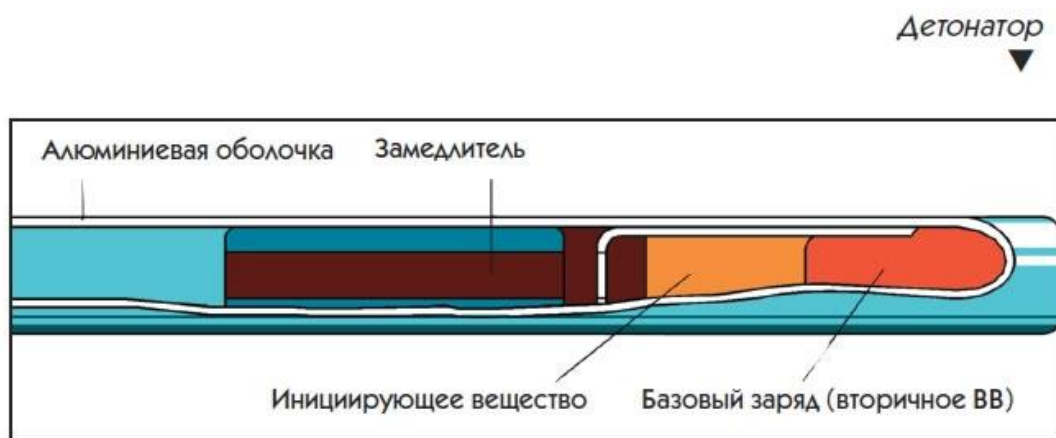


Рисунок 8 — Функциональная схема системы инициирования Nonel [11].

Детонатор сделан по принципиально новой конструкции и в его состав не входит первичное взрывчатое вещество азид свинца, лишь вторичное ВВ - ТЭН. Конструкция детонатора обеспечивает переход горения замедляющего взрывчатого вещества в детонацию.

Трубка, которая передает сигнал, имеющее трехслойное строение, где внутренний слой удерживает ВВ на внутренней стенке, средний слой отвечает за прочность и эластичность трубки, а внешний – устойчивость к изменениям температуры и механическому воздействию.

К преимуществам системы относятся высокая безопасность и надежность, простота в обращении, отсутствие чувствительности к электромагнитному, механическому воздействию, отсутствие бокового эффекта при передаче сигнала вдоль заряда ВВ.

*Наносекундная лазерная система инициирования на основе ТЭНа [12].*

Органические взрывчатые вещества имеют высокую прозрачность при первой гармонике волны импульсного неодимового лазера ( $\lambda = 1,06$  мкм). Система используется для инициирования открытой поверхности с помощью светового импульса в этой области спектра. Порог зажигания снижается за счет покрытия образца прозрачной подложкой или путем проведения экспериментов

при повышенной температуре. Прохождение лазерного импульса через подложку в вакууме приводит к абляции подложки на выходе из пучка, и оптический пробой в воздухе приводит к росту плазмы по обе стороны подложки. Это стеклянные микрочастицы и плазма, образующиеся в процессе оптического пробоя, являются причиной инициирования ТЭНа в области прозрачности взрывчатого вещества. Быхало и др. исследовали инициирование флегматизированного ТЭНа от открытой поверхности при первой гармонике волны неодимового лазера с длительностью импульса 3 нс и изменяющимся радиусом светового пучка. Плотность образцов в форме цилиндра диаметром 7 мм и 18 мм в длину, была близка к одной плотности кристалла. Флегматизированный ТЭН получают пропиткой, например, жидким парафином, для устранения газовых пор, которые, являются горячими точками во время воздействия на взрывчатое вещество. Показатель преломления парафина  $n = 1,48$ , а показатель преломления ТЭНа  $n = 1,47$ .

*Электробезопасная лазерная световолоконная система инициирования взрывчатых веществ.*

Система предназначена для электробезопасного инициирования взрывчатых веществ (ВВ) [13].

В основе системы лежит мощный полупроводниковый лазер, имеющий коллиматор и фокусирующую линзу для ввода оптического излучения в световолокно. Импульс света проходит через оптический разъем в световолоконный кабель, на конец которого насаживается цилиндрический детонатор с малым количеством ВВ. Этот детонатор, в свою очередь, вводится в гнездо главного пакета ВВ. Подрыв выполняется при помощи пульта управления, который состоит из источника питания лазера, регулятора тока и кнопки подрыва.

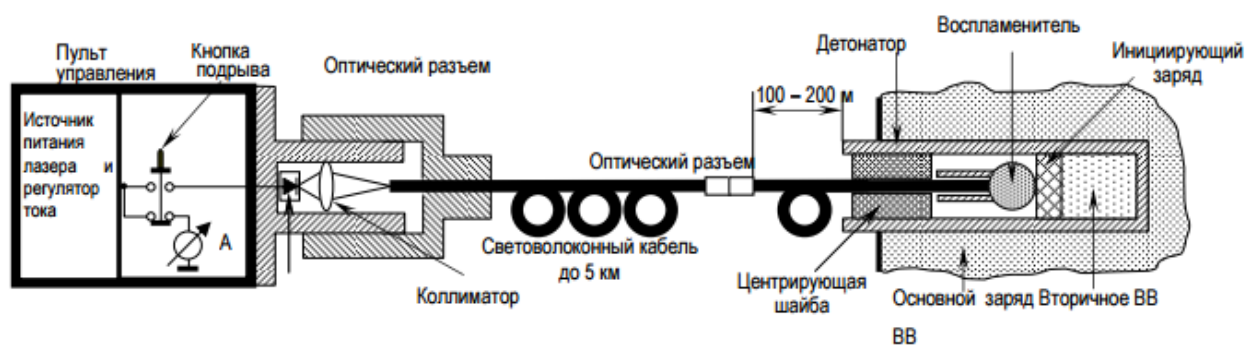


Рисунок 9 — Функциональная схема электробезопасной лазерной световолоконной системы инициирования взрывчатых веществ [13].

Система применяется в горнодобывающей промышленности, перфорации нефтяных и газовых скважин, геофизических разведочных работах.

Вывод по литературному обзору: среди всех существующих средств инициирования лазерный детонатор имеет ряд преимуществ: безопасность, нечувствительность к электромагнитным волнам, к механическому воздействию и срабатывает по желанию оператора. Однако, такие средства как ОШ, ДШ намного дешевле по стоимости.

Оптоволоконная лазерная система инициирования хороша тем, что при использовании такой системы инициирование получается очень быстрым, задержки инициирования составляют сотни микросекунд, а использование лазера обеспечивает безопасность при настройке и монтаже системы, синхронность срабатывания нескольких элементов, снижение массы оборудования. Лазерная технология дает преимущества и в горных работах, так как исключает риск возникновения искр, которые в условиях высокой концентрации угольной пыли в шахте могут привести к взрыву.

## 2. Теоретический анализ

Для полного понимания работы ЛСИ следует изучить также и взрывчатые вещества, которые используются для детонации.

По своим свойствам ВВ делятся на инициирующие, бризантные и метательные [6]. В некоторых случаях говорят о первичных, вторичных ВВ и о порохах.

Особенностью инициирующих ВВ (ИВВ) является способность детонировать под влиянием простого внешнего импульса будь то луч огня, нагрев или механическое воздействие. Процесс детонации не во всех случаях происходит сразу: во большинстве случаев сначала происходит возгорание ИВВ.

Некоторые бризантные вещества могут вести себя как ИВВ: в особых условиях поджига через сравнительно короткое время подрываются. ИВВ требуют чрезвычайно осторожного обращения с ними. Ни в коем случае нельзя оперировать большими количествами заряда одновременно.

Остановимся на ИВВ, так как исследуемое нами взрывчатое вещество относится именно к этой группе.

**Азид свинца** ( $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ ) или по-другому тринитрид свинца является кристаллическим веществом, которое имеет две основные кристаллические формы. Плотность  $\alpha$ -формы  $4,71 \text{ г/см}^3$ , плотность  $\beta$ -формы  $4,93 \text{ г/см}^3$ . Плохо растворим в воде, растворяется в моноэтаноламине [15].

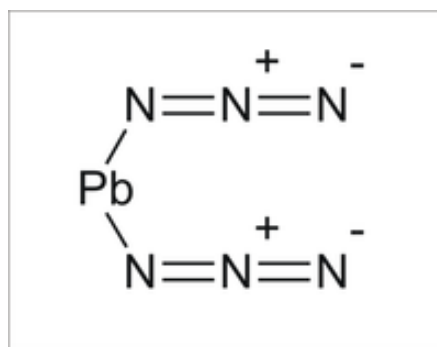


Рисунок 10 — Структурная формула азид свинца [15].

Азид свинца применяется как ИВВ, имеет малый критический диаметр.

Азид свинца детонирует под влиянием внешнего воздействия без предварительного горения. Не перепрессовывается и при увлажнении практически не теряет чувствительности к внешним воздействиям. Является малочувствительным к лучу огня, поэтому поверх слоя азида свинца прессуют небольшой слой более чувствительного к лучу огня тенереса. Весь снаряд тенереса сгорает подобно бризантному ВВ, но процесс происходит с относительно большей скоростью [6].

Исследования по воздействию на ВВ излучения привели к тому, что ученые разделились на две группы: одни полагали, что инициирование идет за счет разогрева вещества, который происходит в результате поглощения излучения в приповерхностном слое; другие же не исключали наличие и фотохимического воздействия. По их мнению, даже разогрев вещества происходит вследствие ослабления возбужденных ионов азида. В таком случае, процесс инициирования будет протекать по следующему сценарию:



Радикалы не могут существовать самостоятельно и идет процесс их слияния с выделением тепла:



С появлением лазеров начались исследования, которые лучше показывали свойства азида свинца, так как лазерное излучение было монохроматичным и направленным.

Были проведены эксперименты по установлению зависимости задержки инициирования азида свинца от плотности лазерного излучения [16].



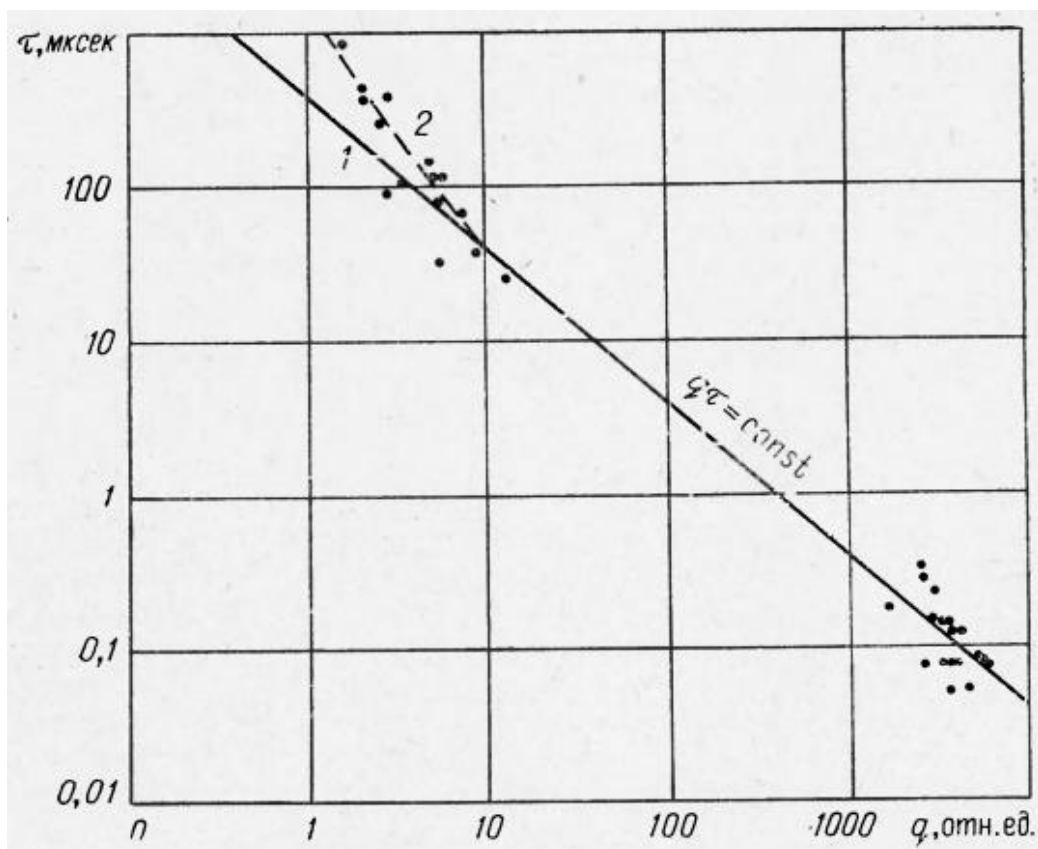


Рисунок 11 — Зависимость задержки инициирования азида свинца от плотности лазерного излучения [17].

Из рисунка видно, что с определенного значения задержка начинает резко расти и уходит в бесконечность, то есть мы наблюдаем отказ взрыва.

Для определения порога инициирования проводят эксперимент по выявлению вероятности взрыва при различной энергии воздействия. Из графика вероятности за порог инициирования берут то значение энергии, при котором кривая имеет точку перегиба. Значение энергетического порога инициирования соответствует 50% вероятности взрыва [17].

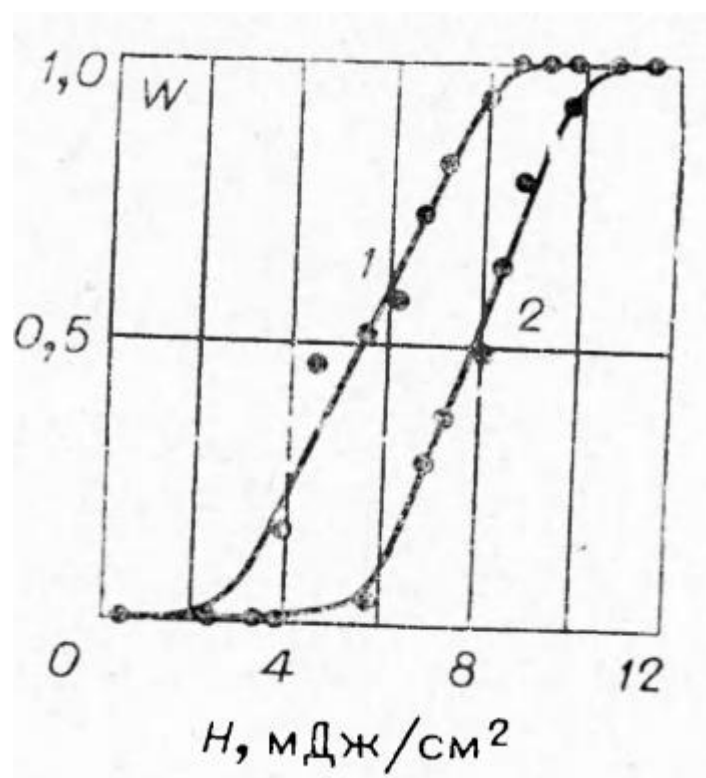


Рисунок 12 — Вероятность взрыва в зависимости от плотности энергии лазерного излучения для азид свинца . 1 —  $\tau_0 = 30$  нс, 2 —  $\tau_0 = 15$  нс [18].

В зависимости от размера диаметра пучка меняется ЭПИ образца ВВ: при малом диаметре пучка наблюдается высокий уровень ЭПИ, но с ростом размеров пучка порог инициирования стремительно падает.

Если брать таблетки ВВ диаметром 6 мм и толщиной 0,2 мм, то порог инициирования при диаметре пучка 1 мм составляет 17 мДж/см<sup>2</sup>. Однако, при увеличении диаметра пучка до 6 мм порог инициирования уменьшился до 10 мДж/см<sup>2</sup>, а при диаметре пучка до 0,1 мм порог возрос до 2000 мДж/см<sup>2</sup> [18].

Зависимость можно наблюдать на рисунке 14 ниже.

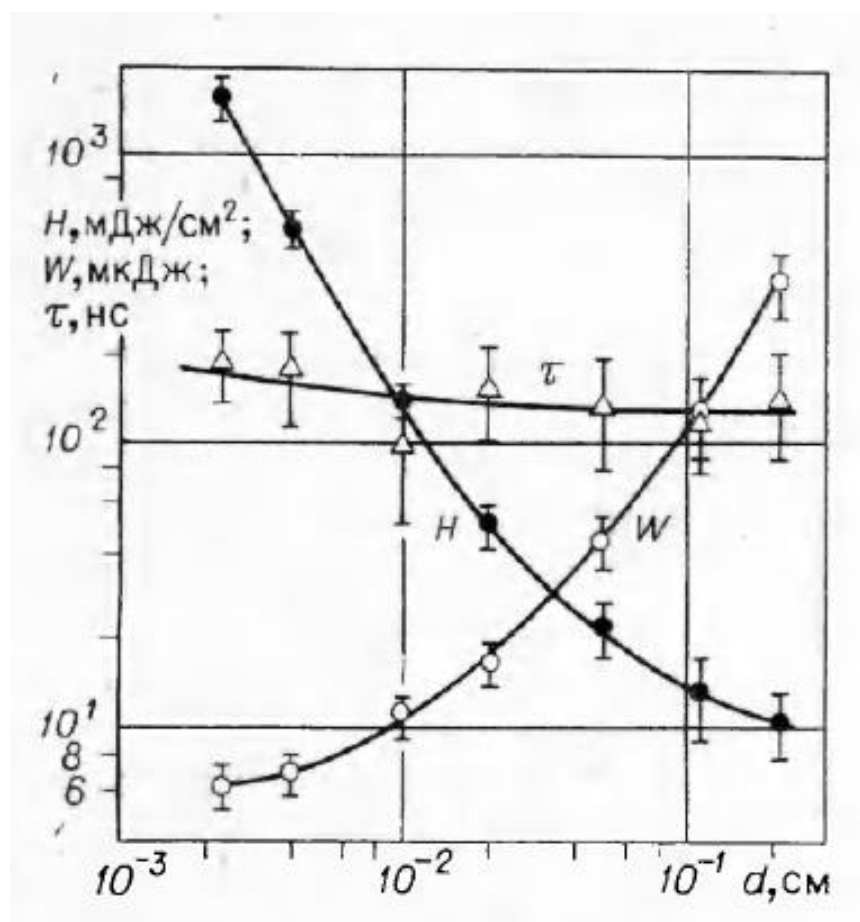


Рисунок 13 — Зависимости пороговой энергии, пороговой плотности энергии инициирования азида свинца и задержки вспышки от диаметра лазерного пучка неодимового ОКГ

Азид свинца хоть и чувствителен к лазерному излучению, однако для того, чтобы достигнуть порога инициирования, необходимо использовать определенную фокусирующую оптическую систему.

Элементами оптики являются линзы, фоконы и так далее. Чтобы в дальнейших расчетах можно было сказать, что тот или иной элемент наиболее подходит для нашей оптоволоконной системы, необходимо подробно рассмотреть их.

*Оптическая линза* представляет собой один из наиболее простых и важных оптических деталей [19].

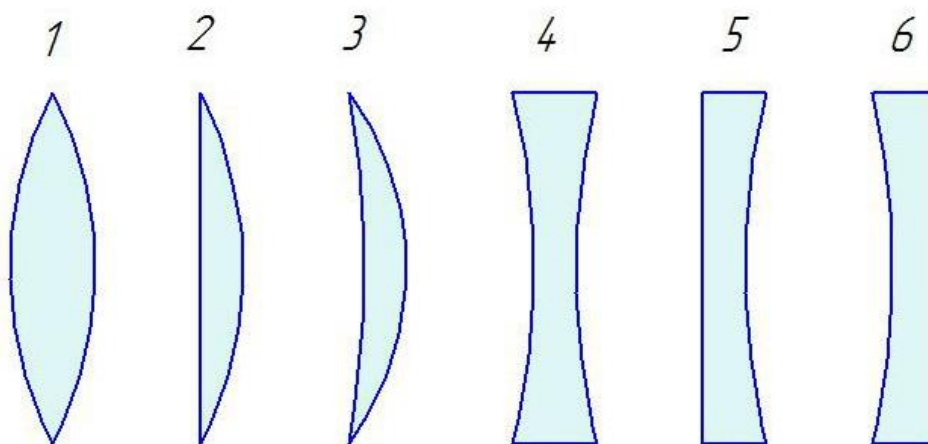


Рисунок 14 — Виды линз

Собирающие: 1 — Двояковыпуклая; 2 — Плоско-выпуклая; 3 — Вогнуто-выпуклая; Рассеивающие: 4 — Двояковогнутая; 5 — Плоско-вогнутая; 6 — Выпукло-вогнутая.

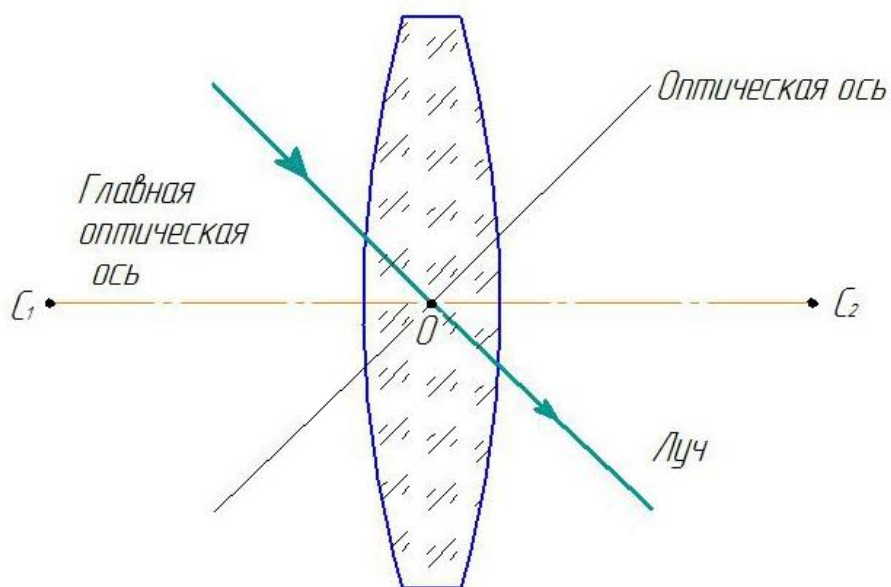


Рисунок 15 — Элементы оптической линзы

Основными формулами для тонкой линзы являются:

$$\beta = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad (6)$$

где  $\beta$  — линейное увеличение,  $H$  — высота изображения,  $h$  — высота предмета,  $f$  — расстояние от изображения до линзы,  $d$  — расстояние от предмета до линзы.

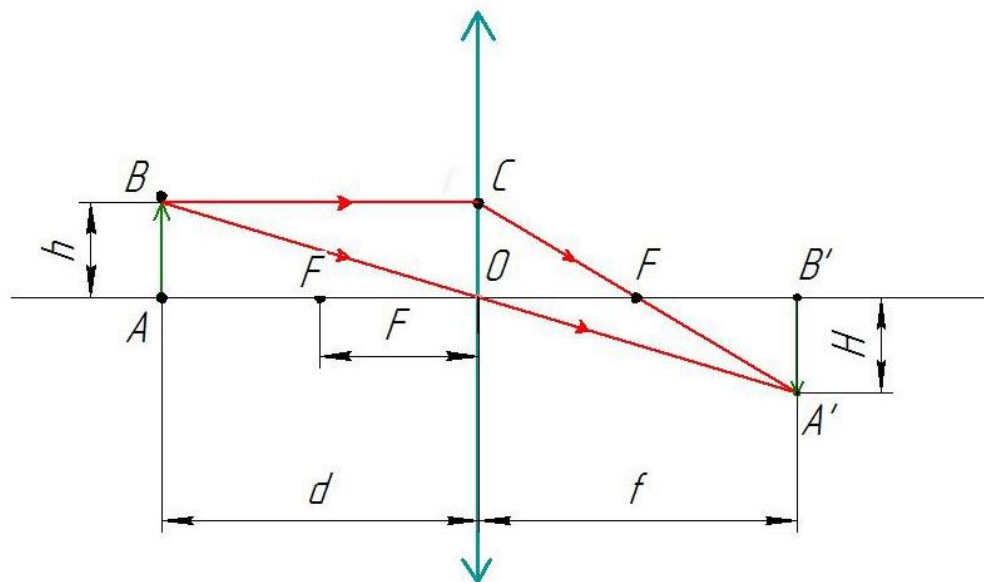


Рисунок 16 — Геометрическая задача по нахождению изображения

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (7)$$

где  $F$  — фокусное расстояние.

#### *Выбор оптоволокну.*

Оптические волокна с сердцевинкой из чистого кварца и фторсодержащей светоотражающей оболочкой - это многомодовые оптические волокна, имеющие ступенчатый профиль показателя преломления. Работает волокно в УФ, видимой и ИК областях спектра. Сердечник волокна состоит из чистого кварцевого стекла, светоотражающая оболочка – кварцевое стекло, легированное фтором.

Таблица 1 — Характеристики оптоволокну [22].

Диаметр сердцевинки, мкм*	$200 \pm 5$	$400 \pm 8$	$600 \pm 10$
Диаметр оболочки, мкм*	$220 \pm 5$	$440 \pm 8$	$660 \pm 10$
Диаметр покрытия, мкм**			
эпоксикарилатного	$300 \pm 15$	$550 \pm 15$	$720 \pm 20$
оловянного	$255 \pm 5$	$510 \pm 10$	$705 \pm 10$
Материал защитного покрытия	УФ-отверждаемый акрилат, олово		

Минимальный радиус изгиба, мм	13	26	39
Рабочая температура (°C)	-50 — +140		

Данные волокна идеально подходят для использования в спектроскопии, медицинской диагностики, передачи лазерного излучения высокой мощности, оптических датчиков.

Здесь же стоит отметить влияние френелевского отражения:

$$\rho_{\Phi} = \frac{1}{2} \left( \frac{\sin^2(\varphi - \beta)}{\sin^2(\varphi + \beta)} + \frac{\tan^2(\varphi - \beta)}{\tan^2(\varphi + \beta)} \right) \quad (8)$$

где  $\alpha$  - угол падения,  $\beta$  - угол преломления.

В работах Д. Омарова, был произведен расчет функции (8), где выявили кривую, соответствующую максимально усреднённому возможному френелевскому отражению [23].

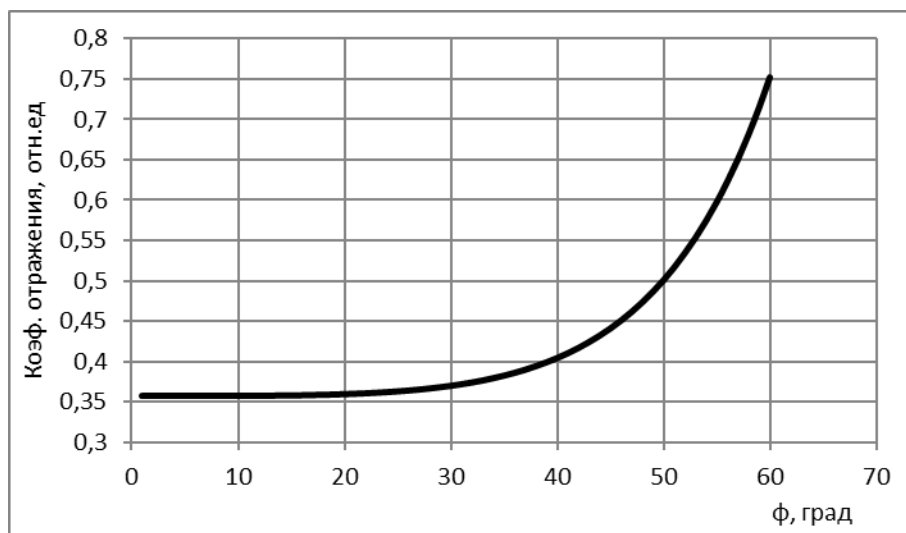


Рисунок 17 — Кривая френелевского отражения [23].

По данным приведенным на рисунке 17 видно, что при увеличении угловой расходимости происходит увеличение френелевского отражения, из-за чего происходит частичная потеря энергии при изменении угла.

### 3. Расчет лазерной оптоволоконной системы инициирования

#### 3.1. Энергетический расчет

*Расчет энергии, необходимой для инициирования таблетки азид свинца.*

Возьмем фиксированные значения размеров таблетки азид свинца: диаметр 6 мм, толщина 0,2 мм.

Как мы уже знаем, при диаметре пучка лазера 1 мм порог инициирования будет составлять 17 мДж/см<sup>2</sup>.

Тогда, энергия, необходимая для инициирования азид свинца с указанными параметрами будет рассчитываться по формуле:

$$W = H * S, \quad (9)$$

где  $H$  — плотность энергии,  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  — площадь поперечного сечения пучка.

Значит, согласно формуле (9),  $W = 17 * \frac{3,14 * 0,1^2}{4} = 0,13$  мДж.

Под влиянием френелевского отражения лазерный пучок ослабляется и теряет свою энергию, которой может оказаться недостаточно для инициирования. Отражательная способность на всем пути будет рассчитываться по следующей формуле:

$$R = 1 - (1 - R_1) * (1 - R_2) * (1 - R_3) * (1 - R_4) * (1 - R_5), \quad (10)$$

$$R_i = \frac{(n_i - 1)^2}{(n_i + 1)^2}.$$

Формула (10) состоит из пяти компонентов, так как лазерный луч сначала проходит через систему из двух линз, далее попадает в оптическое волокно, затем встречает на пути еще одну систему из двух линз и защитное стекло, которым прижат заряд ВВ.

В качестве всех этих линз и защитного стекла выбрано изделие К8, которое подходит по всем параметрам для данной системы.

Тогда, формулу (10) можно преобразовать и получить

$$R = 1 - (1 - R)^5 = 0,19$$

Уже за счет влияния френелевского отражения лазерный пучок теряет 19 % своей изначальной энергии.

### 3.2. Эффективность фокусировки излучения различными способами

*Расчет энергии на выходе из оптоволокна для инициирования без использования фокусирующей оптики (напрямую) для одноканальной ЛСИ.*

По закону Бугера-Ламберта-Бера, энергия на выходе из оптоволокна будет рассчитываться по формуле:

$$W_{\text{вых}} = W_{\text{вх}} * \exp(-\mu * l) = 0,13 * \exp(-10^{-5} * 500) = 0,12 \text{ мДж/см}^2. \quad (10)$$

Однако, надо учитывать, что с увеличением длины оптоволокна, передаваемая энергия будет уменьшаться экспоненциально. Так как ЛСИ используются в таких отраслях, где чем больше расстояние от установки до ВВ, тем выше безопасность, то использование фокусирующей оптики обязательно. Расчетные данные для неодимового лазера приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Расчет энергии, необходимой для инициирования таблетки азид свинца.

№	d <sub>п</sub> , мм	Н, мДж/см <sup>2</sup>	Энергия, необходимая для инициирования, мДж	Энергия на выходе из оптоволокна разной длины, мДж				
				5 м	10 м	20 м	50 м	100м
1	0,03	2200	1,5543	1,546547	1,531159	1,500840	1,427643	0,525200
2	0,06	750	2,1195	2,108928	2,108896	2,108865	2,108834	2,108823
3	0,1	170	1,3345	1,334471	1,334443	1,334415	1,334387	1,334359
4	0,3	75	5,29875	5,298638	5,298567	5,298496	5,298426	5,298355
5	0,6	42	11,8692	11,86857	11,86794	11,86731	11,86668	11,86605
6	1	17	13,345	13,344292	13,342709	13,341125	13,339542	13,337960
7	3	10	70,65	70,640572	70,631148	70,621725	70,61230	70,60288



Для азидата свинца оптимальный диапазон энергии составляет  $W = 10 - 20$  мДж. Энергия, превышающая этот диапазон, повлечет за собой увеличение габаритов лазерной оптоволоконной системы, а, следовательно, и увеличение затрат.

Таким образом, из вышеприведенных расчетов оптимальными являются диаметры пучков  $d_5 = 0,6$  мм и  $d_6 = 1$  мм.

*Расчет энергии на выходе из оптоволокна для инициирования с использованием фокусирующей линзы. Моделирование лазерного пучка в программе OPTICA.*

Расходимость лазерного пучка, вышедшего из оптоволокна диаметром 200 мкм, составляет 10 градусов [23].

Для того, чтобы получить на выходе пучок диаметром 1 мм, необходимо воспользоваться программой OPTICA.

Расчет светового пучка в программе OPTICA осуществляется следующим образом: с помощью псевдолинзы фокусируется пучок на первую поверхность коллимирующей линзы. Далее производится расчет параметров линзы (радиус кривизны, фокусные расстояния). Вторая фокусирующая линза ставится после коллимирующей, причем заднее фокусное расстояние составляет в два раза меньшую величину, чем фокусное расстояние первой линзы. Оптимизируя систему по эксцентриситету получаем данные, показанные на рисунке 19 ниже.



Рисунок 18 — Моделирование пучка в программе OPTICA.

Данные для оптических волокон с разными диаметрами 200, 400 и 600 мкм приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Расчет расстояния  $d_2$  между фокусирующей линзой и защитным стеклом.

		L = 200, мкм	L = 400, мкм	L = 600, мкм
№	$d_n$ , мм	$d_2$ , мм	$d_2$ , мм	$d_2$ , мм
1.	0,6	31,83	38,61	44,21
2.	1	35,64	42,88	49,03

Данные получены исходя из того, что расстояние между линзами  $d_1$  не менялось и принято за 20 мм с целью нахождения оптимального значения  $d_2$ .

Из полученных значений в расчетной части можно сделать вывод, что лазерное излучение претерпевает множество потерь на своем пути: на френе-

левском отражении, на поглощении при прохождении через оптоволокну и так далее. Исходя из этого, необходимо воспользоваться специальной оптимизирующей системой, которая позволит получить ту требуемую энергию на выходе из системы, благодаря которой начнется инициирование. Модулировать пучок можно двумя способами: простой или асферической линзой. В данной работе была использована простая линза, так как целью ВКР является расчет лазерной оптоволоконной системы для того, чтобы минимизировать габариты системы, потери энергии и материала, а также использование менее дорогостоящих компонентов.

В качестве примера в Приложении Б приведены чертежи оптической схемы лазерного детонатора и блок-схема ЛСИ для  $d_{\text{п}} = 1$  мм при диаметре оптоволокну 200 мм. Выбор пал на данный вариант, так как с технической точки зрения в системе проще реализовать пучок диаметром в 1 мм.



## **ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Научно-техническое исследование (НТИ) посвящено расчету лазерной оптоволоконной системы инициирования на основе азида свинца.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательской работы.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- оценка коммерческого и инновационного потенциала исследования;
- составление календарного плана и графика работ;
- оценка стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов исследования,
- формирование сметы на организацию исследования;
- оценка ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности.

### **4.1. Предпроектный анализ**

#### **4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Целевым рынком для рассматриваемой разработки являются коммерческие организации – предприятия горной отрасли промышленности, строительные фирмы и военные предприятия.

На сегодняшний день наблюдается повсеместное внедрение лазерных технологий в различные отрасли промышленности. Несмотря на высокую стоимость данных технологий на начальных этапах их внедрения, есть все основания полагать, что дальнейшее технико-технологическое развитие промышленности будет идти по пути реализации наименее опасных для окружающей среды производственных процессов. Поскольку экспериментальные исследования инициирования зарядов взрывчатых веществ дорогостоящи, актуальным является составление расчетов, которые помогут избежать потери энергий, материалов и времени.

Как следует из Таблицы 4, незанятой нишей на рынке разрушения твердых материалов является использование экологически чистых технологий. Одной из таких технологий является лазерная система инициирования. Основными достоинствами данной технологии по сравнению с прочими, является отсутствие выделения вредных веществ, образования акустических и сейсмических ударных волн, возможность оперативного контроля над процессом вложения энергии [1, 2].

Таблица 4 – Карта сегментирования способов разрушения твердых материалов

Степень экологического загрязнения	Объекты разрушения	
	бетонные конструкции	горные породы
высокая	взрывной	взрывной
средняя	лазерный	лазерный
низкая	электрический	электрический

В связи с этим, основным сегментом для внедрения технологий лазерного инициирования для разрушения твердых материалов должны стать те производственные площадки, на которых наиболее приоритетными являются требования обеспечения экологической безопасности.

#### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Научно-техническое исследование (НТИ) посвящено расчету лазерной оптоволоконной системы инициирования на основе азида свинца.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n B_i \cdot F_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Для данного анализа целесообразно составить оценочную карту, которая приведена в Таблице 3 в Приложении А.

По результатам анализа сведений, представленных в Таблице 3, можно сделать следующие выводы:

- 1) исходя из предложенных критериев для оценивания, основным конкурентом для лазерного способа является лазерный способ разрушения;
- 2) основными достоинствами лазерного способа разрушения, в сравнении с прочими, являются удобство в эксплуатации для потребителей и энергоэкономичность.

#### **4.1.3. SWOT-анализ**

Начнем анализ SWOT с описания сильных и слабых сторон исследования, а также выявим возможности и угрозы для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Далее выявим соответствие сильных и слабых сторон исследования внешним условиям окружающей среды.

Первый этап.

1. Сильные стороны:

а) технические преимущества – экологичность, отсутствие бризантности, воздушных и сейсмических ударных волн, защищенность от внешних воздействий;

б) большая производительность при разрушении горных пород;

в) наличие расчета энергетических потерь;

г) мобильная установка смонтирована и готова к эксплуатации.

2. Слабые стороны:

а) технические недостатки – более низкая (по сравнению с взрывным способом разрушения) производительность;

б) высокая стоимость лазерной установки;

в) недостаточное исследование закономерностей энергетических и волновых процессов при лазерном воздействии на взрывчатое вещество.

3. Возможности.

В настоящий момент времени, в связи с постоянным ростом экологических нормативов, в разных отраслях промышленности становятся востребованными экологически чистые технологии. В случае разрушения и откола негабаритов горных пород и бетонных конструкций, такой технологией является лазерная система инициирования. В связи с отсутствием разлета осколков, воз-

душных и сейсмических ударных волн, ЛСИ может реализовываться в городской черте для демонтажа бетонных конструкций.

#### 4. Угрозы.

В связи с развитой конкуренцией в сфере разрушения горных пород и бетонных конструкций, развитие технологий ЛСИ требует привлечения как государственной поддержки, так и инвестиций со стороны бизнес-сообщества.

Результаты первого этапа SWOT – анализа сведены в Таблице 4 в Приложении А.

#### Второй этап.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивные матрицы проекта (Таблица 5).

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта: «Сильные стороны и возможности»

Возможности проекта	Сильные стороны проекта					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
B1	+	-	-	-	+	+
B2	0	-	-	-	+	+
B3	+	+	+	+	0	0
B4	0	+	0	0	+	0

Анализ интерактивной матрицы:

- 1) B1C1C5C6;
- 2) B2C5C6;
- 3) B3C1C2C3C4;
- 4) B4C2C5.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта: «Слабые стороны и возможности»

Возможности проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
B1	+	+	+	+
B2	0	+	+	-
B3	-	+	+	-
B4	-	+	+	-

Анализ интерактивной матрицы:

- 1) B1Сл1Сл2Сл3Сл4;
- 2) B2Сл2Сл3;
- 3) B3B3Сл2Сл3;
- 4) Сл2Сл3Сл4.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Угрозы проекта	Сильные стороны проекта					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6



У1	+	+	+	+	+	+
У2	+	+	+	+	+	+
У3	-	-	-	-	+	-
У4	+	-	-	-	+	+

Анализ интерактивной матрицы:

1) У1У2С1С2С3С4С5С6;

2) У3С5;

3) У4С1С5С6.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта: «Слабые стороны и возможности»

Угрозы проекта	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
У1	+	+	+	-
У2	+	+	+	0
У3	-	-	+	-
У4	+	-	+	+

Анализ интерактивной матрицы:

1) У1У2Сл1Сл2Сл3;

2) У3Сл3;

3) У4Сл1Сл3Сл4.

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что исследуемый метод весьма перспективен, так как в связи с постоянным ростом экологических нормативов, в разных отраслях промышленности становятся востребованными экологически чистые технологии. Технология ЛСИ как раз к таким и относится.

## 4.2. Организационная структура НТИ

### 4.2.1. Цели и результат исследования

Информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей приведена в таблице 10.

Таблица 10 - Заинтересованные стороны проекта.

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель проекта (Скрипин А. С.)	Расчет лазерной оптоволоконной системы инициирования на основе азида свинца.
Исполнитель по проекту (Куайнова Д. Е)	Исследовать зависимости плотности энергии от диаметра ВВ, времени задержки импульса и мощности. Подбор оптических деталей для систе-

	мы с полученными расчетами. Подготовка материала для защиты бакалаврской дипломной работы.
--	---

В таблице 11 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 11 - Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта:</b>	Расчет лазерной оптоволоконной системы инициирования на основе азида свинца.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Разработка рекомендаций к оценке и выбору эффективных режимных и энергетических характеристик оборудования.
<b>Требования к результату проекта:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Исследование существующих разработок.</li> <li>2) Закономерности энергетических процессов при лазерной системе инициирования.</li> <li>3) Энергетический расчет ЛСИ.</li> <li>4) Расчет системы фокусировки ЛСИ.</li> <li>5) Прогноз возможной картины и характера распространения луча лазера в системе.</li> </ol>

#### 4.2.2. Перечень работ

Трудоемкость выполнения НИТ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 12 в Приложении А.

#### 4.2.3 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дней;  
 $t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работ с № 1 по №10 (результаты расчетов представлены в таблице 13).

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочих дней;  
 $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, рабочих дней;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k,$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения одной работы, календ. дней;  
 $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочих дней;  
 $k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}},$$

где  $T_{кг}$  – количество календарных дней в году;  
 $T_{вд}$  – количество выходных дней в году;  
 $T_{пд}$  – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1.45,$$

тогда следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел. Результаты расчетов приведены в таблице 13 в Приложении А.

По данным таблицы 13 видно, что в исследовании для ВКР задействовано два человека (руководитель исследования и студент-дипломник), а на выполнение работы требуется 105 календарных дней.

#### 4.2.4 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта (таблица 14 в Приложении А).

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 13 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

### 4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \text{Ц}_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх\ i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт, кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$kT$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единицы измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исполн. 1	Исполн. 2	Исполн. 3	Исполн. 1	Исполн. 2	Исполн. 3	Исполн. 1	Исполн. 2	Исполн. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	245	230	269
Ручка	шт	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	450	450	450	517,5	517,5	517,5
Картридж	шт	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Электроэнергия	кВт/ч	34	39	41	2,7	2,7	2,7	105,5	121,1	127,31
Итого:								2041	2041,6	2086,81

#### 4.3.2. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 520 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов). В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа

или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 16 в Приложении А.

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя равна примерно 25000 рублей, а студента 3200 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = K_{доп} \cdot З_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 28750 рублей, студента – 3680 рублей.

#### **4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = K_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где  $K_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная пла- та, руб			Дополнительная зарабо- тая плата, руб		
	Исполн. 1	Исполн. 2	Исполн. 3	Исполн. 1	Исполн. 2	Исполн. 3
Руководитель проекта	25100	23325	26050	3765	3498,75	3907,5
Студент- дипломник	3212	2985,6	3334,4	481,9	447,8	500,2
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	8823,5					
Исполнение 2	8200					
Исполнение 3	9157,6					

#### 4.3.4. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \left( \sum \text{статей} \right) \cdot K_{\text{нр}},$$

где  $K_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

- при первом исполнении  $Z_{\text{накл}} = 8823,5 \cdot 0,16 = 1411,8$ ;
- при втором исполнении  $Z_{\text{накл}} = 8200 \cdot 0,16 = 1312$ ;
- при третьем исполнении  $Z_{\text{накл}} = 9157,6 \cdot 0,16 = 1465,2$ .

#### 4.3.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исполн. 1	Исполн. 2	Исполн. 3
Материальные затраты НТИ	2041	2041,6	2086,8
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	-	-
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	28312	26310	29384,4

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	4246,9	3946,6	4407,7
Отчисления во внебюджетные фонды	27208,4	25474	28238,2
Накладные расходы	1411,8	1312	1465,2
Бюджет затрат НТИ	63220,1	59084,2	65528,3

#### 4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = \frac{63220,1}{65528,3} = 0.96, I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = \frac{59084,2}{65528,3} = 0.9, I_{\text{финр}}^{\text{исп}3} = \frac{65528,3}{65528,3} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b^i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;



Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования			
	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Надежность	0,2	5	5	5
Универсальность	0,2	4	4	5
Уровень материалоемкости	0,15	4	4	5
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	5	5	5
Ремонтопригодность	0,1	5	5	5
Энергосбережение	0,15	4	4	5
Итого:	1	27	27	30

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-исп3} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 = 4,75.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}},$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,96} = 4,69, I_{исп2} = \frac{4,5}{0,9} = 5, I_{исп3} = \frac{4,75}{1} = 4,75.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта

(см.табл.19) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{исп} \text{ max}}},$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,96	0,9	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5	4,75
3	Интегральный показатель эффективности	4,96	5	4,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,992	1	0,95

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии лазерным методом является более эффективным вариантом решения задачи, по сравнению с остальными методами. Это связано с тем, что метод лазерного инициирования является инновационной, среди существующих, более удобной и безопасной для использования.

Выводы по разделу:

В данном разделе была получена оценка научного уровня и произведено планирование научно-технического исследования. Также был произведён расчет проведения работ по расчету лазерной оптоволоконной системы инициирования на основе азида свинца.

Согласно экспертной оценке эффективности лазерный метод инициирования является инновационной среди существующих, а постоянное совершенствование позволяет держаться на рынке среди популярных поставщиков оборудования, которое является удобным и простым в использовании.

Календарный план составлялся при помощи диаграммы Ганта, которая оптимизирует выполнение работы. По данным графика на выполнение исследования потребовалось 105 дней.

Бюджет научного исследования составил 59084 рубля. Столь высокую сумму можно обосновать дорогой лазерной техникой.

Определение экономической эффективности было анализировано путем сравнения 3 методов исполнения процедуры. По анализам сравнительной эффективности разработки научного исследования показатель эффективности равен 1. Согласно полученным данным, исследования эффективен с точки зрения ресурсопотребления и экономически целесообразен.



## **Введение**

Предметом исследования дипломной работы является разработка блок-схемы по фокусировке лазерного излучения.

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, повышения уровня вибрации, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

В разделе рассмотрены пункты согласно нормам и установленным правилам, а также приведены ссылки нормативно – технической документации.

## **5.1. Производственная безопасность**

### **5.1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

ВКР выполнялась в 032 лаборатории второго корпуса кафедры ЛиСТ ТПУ.

Общая площадь рабочего помещения составляет  $18 \text{ м}^2$  (длина  $A = 4 \text{ м}$ , ширина  $B = 4,5 \text{ м}$ ), объем составляет  $45 \text{ м}^3$  (высота  $C = 2,5 \text{ м}$ ).

По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют  $4,5 \text{ м}^2$  и  $15 \text{ м}^3$  объема на одного человека [32]. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест (3 человека) соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

Проведя анализ габаритных размеров кабинета, рассмотрим микроклимат в этом помещении. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха и освещение.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам, СП 60.13330.2012 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более  $40 \text{ м}^3$  [32]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет  $45 \text{ м}^3$ , из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется.

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ЭВМ. Уровень шума колеблется от 35 до 40 дБА. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [32]. Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует выше указанным нормам.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц [32]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [32]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer 5750G со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76 [33]).

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100 мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. Нормальная освещенность достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ: по спектральному составу близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); более длительный срок службы.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [32] освещенность рабочего стола должна быть не менее  $300 \div 500$  лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. За счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать  $40 \text{ кд/м}^2$ . Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

### **Расчет освещения**

В помещении используется совместное освещение – искусственное и естественное (через окна). Система освещения общая. Использована люминесцентная компактная лампа (мощность 150 Вт). Выбор типа светильника производится с учетом следующих основных факторов:

- требуемое количество освещения;
- безопасность эксплуатации;
- удобство;
- экономичность.

Для определения необходимого количества ламп и выбора их типа ниже произведен расчет общего искусственного освещения люминесцентного освещения.

Дано помещение с размерами: длина  $A = 4$  м, ширина  $B = 4,5$  м, высота  $H = 2,5$  м. Высота рабочей поверхности  $h_{rp} = 0,6$  м.

Коэффициент отражения стен  $R_{ст} = 50 \%$  и потолка  $R_{п} = 70 \%$  для данной комнаты имеют следующие значения. Коэффициент запаса  $k = 1,5$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1,1$ .



Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Приняв свес светильника  $h_c = 0,2\text{ м}$  и  $\lambda = 1,4$  (для ОД) получаем:

( $h$  - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью)

$$h = H - h_p - h_c \quad 13)$$

$$h = 2,5 - 0,6 - 0,2 = 1,7 \text{ м.}$$

( $L$  – расстояние между светильниками)

$$L = h * \lambda = 1,7 * 1,4 = 2,38 \text{ м} \quad 14)$$

$$L/3 = 0,78 \text{ м.}$$

Таким образом, размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду необходимо установить 2 светильника типа ОД мощностью 30 Вт (с длиной 0,933 м). План размещения светильников показан на рисунке 20.

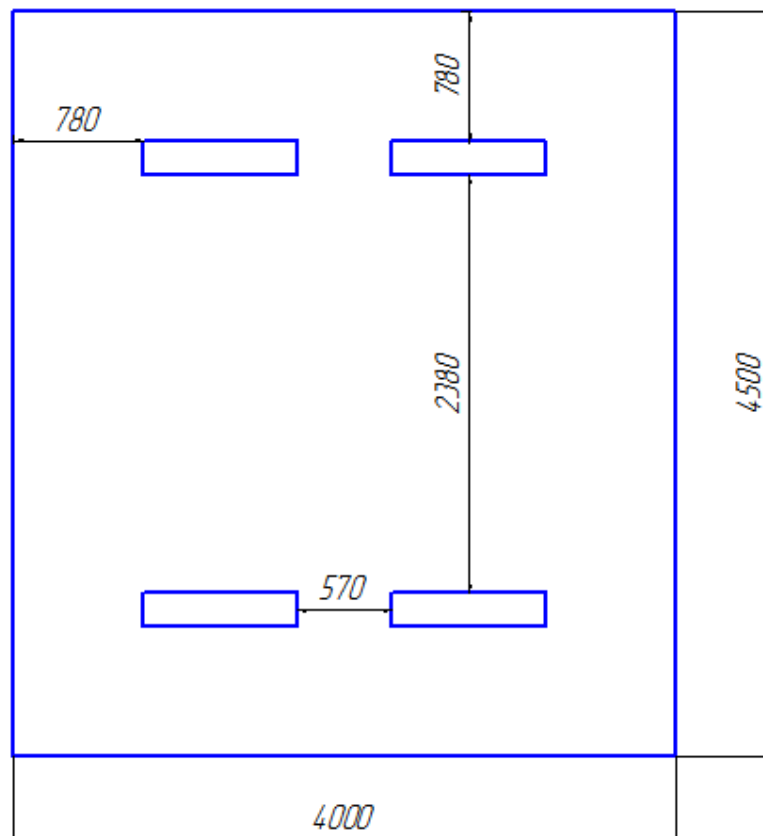


Рисунок 20 - План размещения светильников

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп  $N = 8$ .

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(a+b)} \quad 15)$$

$$i = 18/1,7 \cdot (4+4,5) = 1,25$$

По таблице [36] находим коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,53$$

По табл. определяем, что нормированная освещенность  $E_t = 300-200 \text{лк}$  (берем  $E_t = 200 \text{лк}$ ).

Определим потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$F = \frac{E_t \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot n} \quad 16)$$

$$F = 200 \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot 1,1/8 \cdot 0,53 = 1401 \text{ Лм}$$

По таблице [36] выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 30 Вт с потоком 1650 Лм.

Делаем проверку по формуле:

$$-10\% \leq (\text{Фл.станд} - \text{Фл.расч}) / \text{Фл.станд} \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq 7,25\% \leq +20\% \text{ (подходит)}$$

Электрическая мощность осветительной установки равна:

$$P = 8 \cdot 30 = 240 \text{ Вт}$$

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие монотонного режима работы, поэтому необходимо делать перерывы во время работы.

Меры защиты от опасных и вредных факторов производства делятся на технические и организационные. К ним относится защита от вредного воздействия облучения. При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [32] для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;
- должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

#### **5.1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды.**

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования [34].

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незащищенного от земли человека к незащищенным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетокующим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [34]:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;

своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

## **5.2. Экологическая безопасность**

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке; [35]

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.
- Узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ);

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

В-третьих, утилизируя технику мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном про-

изводстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

1. Мониторы с электронно-лучевыми трубками необходимо сдать для переработки в ближайший специализированный центр переработки или передать его изготовителю для дальнейшего рециклинга.

2. Использовать услуги профессиональной компании по рециклингу, которая может приехать и забрать все приборы, которые планируется сдать в переработку.

3. Можно обратиться в местный муниципалитет по вопросу переработки электроники. [36]

### **5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В помещении, где производилась выпускная квалификационная работа, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории В (наличие твердых сгораемых вещей) [37].

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия [37]:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;

- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильные размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

1. Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
2. Обучение персонала правилам техники безопасности;
3. Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

1. Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
2. Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
3. Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на достигаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огне-тушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

#### **5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки



от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Снижению психофизических и нервно-эмоциональных нагрузок способствует правильная организация рабочего места [38].

При разработке программы пользователь работает на ПЭВМ более 50% рабочего времени.

Одним из наиболее важных эргономических показателей трудового процесса являются антропометрические показатели, определяющие размеры тела человека и их соответствие размерам, форме рабочего места органов управления, которые необходимо учитывать при конструировании (таблица 21 в Приложении А).

При организации рабочего места пользователя следует учитывать данные антропометрии, т.е. движения должны быть сконцентрированы так, чтобы группы мышц были нагружены равномерно и исключены лишние произвольные движения.

При организации рабочего места следует учитывать удобство положения дисплея, клавиатуры, системного блока, а также зоны досягаемости рук, которые установлены на основании антропометрических данных человеческого тела и дают возможность рационально разместить как по горизонтали, так и по вертикали монитор, клавиатуру, системный блок, устройства и т.п.

## Заключение

Основными проблемами при инициировании заряда ВВ были безопасность, потери энергии, качество пучка и компактность системы. На сегодняшний день удалось решить эти проблемы с помощью лазерных оптоволоконных систем инициирования, однако продолжается борьба за более лучшую технологию, не имеющую аналогов.

Целью данной работы было произвести расчет лазерной оптоволоконной системы на основе азида свинца.

Для достижения поставленной цели были решены ряд задач:

1. Был проведен анализ литературных источников, на основе которых были изучены существующие средства и системы инициирования, их преимущества.
2. Исследовалось поведения взрывчатых веществ при воздействии лазерным излучением.
3. Произведены расчеты системы.
4. Сделан анализ полученных расчетов и их использование для получения оптимальной системы фокусировки лазерного излучения.
5. Получены теоретических выводов и практических рекомендаций.

На основе полученных данных создана оптимальная блок-схема, которая обеспечит решение поставленных проблем.

### Список используемых источников

1. Александров Е.И., Вознюк А.Г. Инициирование АТМ лазерным излучением // Квантовая электроника. Приложение. – 1977. – Т. 7. – С. 63.
2. Алукер Э.Д., Кречетов А.Г., Митрофанов А.Ю., Пашпекин А.С. Разлет продуктов взрыва азида серебра // Химическая физика. – 2007. Т. 26. № 11. С. 44 – 46.
3. Данилов Ю.Н., Илюшин М.А., Целинский И.В.. Промышленные взрывчатые вещества Часть I. Иницирующие взрывчатые вещества. Текст лекций. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2001, 112 с.
4. Электрический провод [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Провод> , свободный — Яз. рус. Дата обращения 09.03.2016 г.
5. Электродетонатор [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электродетонатор> , свободный — Яз. рус. Дата обращения 09.03.2016 г.
6. Практикум по физико-химическим испытаниям взрывчатых веществ. Учебное пособие/ Д. С. Аванесов// М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1959. — стр. 5 – 7, стр. 10 – 12.
7. Физико-математическая модель лазерного детонатора/ С.Е. Куратов, А.А. Серёжкин, А.А. Чесноков// ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова — 2015 — стр. 1 – 2.
8. Денисов О.М., Волынкин В.М. Система лазерного инициирования и способ управления инициированием пространственно-разнесенных зарядов// Патент РФ № 2176070; дата подачи заявки 15.06.1999
9. Кузьменко А.П., Леоненко Н.А., Павлова Н.А., Жуков Е.А. Лазерная оптоволоконная система инициирования зарядов// Патент РФ № 2204876; дата подачи заявки 20.05.2003.

10. Многоканальная лазерная оптоволоконная система инициирования. Сборник научных трудов/ Разин А.В., Ахметшин Р.Г., Овчинников В.А., Скрипин А.С., Мурастов Г.В.// Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015 — стр. 135 – 136
11. Неэлектрическая система инициирования Nonel шведской фирмы Nitro Nobel/ С.А. Гандусов// Журнал "Горная Промышленность" №3 — 1995 — стр. 34.
12. Моделирование инициирования ТЭНа лазерным и электронным импульсами/ Е. В. Дугинов //
13. Т. Н. Мантуш. Электробезопасная лазерная световолоконная система инициирования взрывчатых веществ// в сб. научных трудов Института автоматики и электрометрии СО РАН — Институт автоматики и электрометрии СО РАН, 2003. — с. 1 – 2.
14. Ципилев В.П. Стенд для исследования кинетики взрывного разложения конденсированных сред при воздействии импульсов лазерного излучения // Известия ТПУ. — 2003. №4. С.99-103.
15. Азид свинца [Электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Азид\\_свинца](https://ru.wikipedia.org/wiki/Азид_свинца) , свободный — Яз. рус. Дата обращения 20.02.2016 г.
16. Бриш А.А., Галеев И.А., Сбитнев Е.А. и др. О механизме инициирования конденсированных ВВ излучением ОКГ // Физика горения и взрыва. — 1969. — Т.5. №4. — С. 475-480.
17. Александров Е.И., Вознюк А.Г. Инициирование азида свинца лазерным излучением // Физика горения и взрыва. — 1978. — Т. 14, № 4. — С. 86-91
18. Разин А. В. Временные характеристики взрывного разложения азидов тяжелых металлов при лазерном импульсном инициировании: 01.04.17 — Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества: автореферат диссертации физико-

математических наук/ А. В. Разин, ТПУ — Томск, 2015 — стр. 8 – 9, стр. 48 – 49.

19. Оптическая линза [Электронный ресурс] URL: <http://interneturok.ru/physics/11-klass/boptikab/linza-formula-tonkoy-linzy-zelenin-s-v> , свободный — Яз. рус. Дата обращения 15.03.2016 г.
20. Фокон [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фокон> , свободный — Яз. рус. Дата обращения 15.03.2016 г.
21. Волоконно-оптический фокон [Электронный ресурс] URL: [http://www.opticlida.by/voloconno-opticheskie\\_fokony/](http://www.opticlida.by/voloconno-opticheskie_fokony/) , свободный — Яз. рус. Дата обращения 15.04.2016 г.
22. Лаборатория оптических волокон [электронный ресурс]. URL: <http://fiber-lab.ru/produkcija.html>, свободный — Яз. рус. Дата обращения 20.04.2016 г.
23. Исследование угловых, передаточных характеристик кварц-кварцевых оптических волокон/ Д.Б. Омаров, Т.О. Турмахан, Г.В. Мурастов // НИ ТПУ — 2015 — стр. 1 – 2.
24. Производство оптических изделий и нанесение оптических покрытий [электронный ресурс]. URL: <http://www.elektrosteklo.ru/Catalog.htm> , свободный — Яз. рус. Дата обращения 20.04.2016 г.
25. Попова С.Н. Управление проектами. Часть I: учебное пособие // С.Н. Попова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 121 с.
26. Стоимость Аэросил - 300. Интернет ресурс, ссылка на сайт URL: <http://www.epital.ru/mts/aerosil300.html>
27. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. Основы функционально - стоимостного анализа. Учебное пособие // М.: Энергия, 1980. - 175 с.
28. Фролова Т.А. Экономика предприятия. Конспект лекций. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. Электронный ресурс. Административно - управ-

ленческий портал. Ссылка на сайт: URL:  
[http://www.aup.ru/books/m203/7\\_1.htm](http://www.aup.ru/books/m203/7_1.htm)

29. Хунгуреева И.П., Шабыкова Н.Э., Унгаева И.Ю. Экономика предприятия. Учебное пособие // – Улан-Удэ, Изд-во ВСГТУ, 2004. – 240 с.
30. Бондарец А. В., Бородина Т. В. Экономика организации (предприятий). Учеб. пособие // Волгоград. ВолгГТУ, 2005. – 31 с.
31. Воронина В. М., Лапаев А. П., Михайлова О. П. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: Сборник задач, заданий, тестов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004 – 65 с.
32. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. – М., 2003
33. ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76 Пожарная безопасность. Общие требования
34. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.
35. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991
36. Экологический портал Республики Башкортостан. Как утилизировать бытовую технику и электронику [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ecorb.ru/70>
37. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76
38. Эргономика рабочего места пользователя ПЭВМ. Гигиена труда пользователей ПЭВМ [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://bgd.alpud.ru/private/glava4/V\\_4\\_A\\_gigienan.htm](http://bgd.alpud.ru/private/glava4/V_4_A_gigienan.htm)

## Приложение А

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Взрывной способ	Лазерный способ	Электрический способ	Взрывной способ	Лазерный способ	Электрический способ
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,10	5	3	3	0,50	0,30	0,30
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	1	5	4	0,05	0,25	0,20
Помехоустойчивость	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Энергоэкономичность	0,10	1	5	5	0,10	0,50	0,50
Надежность	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,20
Уровень шума	0,05	1	3	4	0,05	0,15	0,20
Безопасность	0,10	1	5	5	0,10	0,50	0,50
Потребность в ресурсах памяти	0,01	1	1	1	0,01	0,01	0,01
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	4	3	0,25	0,20	0,15
Простота эксплуатации	0,10	1	5	5	0,10	0,50	0,50
Качество интеллектуального интерфейса	0,01	1	1	1	0,01	0,01	0,01
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,01	1	3	3	0,01	0,03	0,03
Экономические критерии оценки эффективности							
Предполагаемый срок эксплуатации	0,01	0	5	5	0	0,05	0,05
Послепродажное обслуживание	0,01	0	3	3	0	0,03	0,03

Продолжение таблицы 2:

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Взрывной способ	Лазерный способ	Электрический способ	Взрывной способ	Лазерный способ	Электрический способ
Финансирование научной разработки	0,03	1	5	5	0,03	0,15	0,15
Срок выхода на рынок	0,03	5	5	3	0,15	0,15	0,15
Наличие сертификации разработки	0,04	5	5	4	0,20	0,20	0,20
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	<b>2,81</b>	<b>3,5</b>	<b>3,43</b>

Таблица 3 – Матрица SWOT

<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Отсутствие брызгантности.</p> <p>С4. Отсутствие воздушных и сейсмических ударных волн.</p> <p>С5. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С6. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Высокая стоимость обеспечения технологического процесса.</p> <p>Сл2. Малая известность технологии в среде потенциальных потребителей.</p> <p>Сл3. Высокая конкуренция в отрасли.</p> <p>Сл4. Высокотехнологичное оборудование.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В2. Мелкосерийное производство.</p> <p>В3. Ужесточение норм законодательных актов в экологической сфере.</p> <p>В4. Развитие экологически чистых технологий в строительной отрасли.</p>	<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий разрушения.</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p> <p>У4. Массогабаритные ограничения, накладываемые на мобильную установку</p>



Таблица 9 – SWOT анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Отсутствие брызганости.</p> <p>С4. Отсутствие воздушных и сейсмических ударных волн.</p> <p>С5. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С6. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Высокая стоимость обеспечения технологического процесса.</p> <p>Сл2. Малая известность технологии в среде потенциальных потребителей.</p> <p>Сл3. Высокая конкуренция в отрасли.</p> <p>Сл4. Высокотехнологичное оборудование.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В2. Мелкосерийное производство.</p> <p>В3. Ужесточение норм законодательных актов в экологической сфере.</p> <p>В4. Развитие экологически чистых технологий в строительной отрасли.</p>	<p>В1С1С5С6; В2С5С6; В3С1С2С3С4; В4С2С5.</p>	<p>В1Сл1Сл2Сл3Сл4; В2Сл2Сл3; В3В3Сл2Сл3; Сл2Сл3Сл4.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий разрушения.</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>У1У2С1С2С3С4С5С6; У3С5; У4С1С5С6.</p>	<p>У1У2Сл1Сл2Сл3; У3Сл3; У4Сл1Сл3Сл4.</p>

Продолжение таблицы 9:

У4. Массогабаритные ограничения, накладываемые на мобильную установку научного исследования со стороны государства. У4. Распространение алмазно-канатной резки твердых материалов. У5. Массогабаритные ограничения, накладываемые на мобильную установку		
--	--	--

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент-дипломник
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник
	3	Выбор моделей и способов анализа	Руководитель, студент-дипломник,
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник
	6	Поиск методов решения	Студент-дипломник
	7	Реализация моделей	Студент-дипломник

Продолжение таблицы 12:

Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент дипломник

Таблица 13 – Временные показатели проведения ВКР

№ работы	Исполнители	Продолжительность работ				
		$t_{min}$ , чел.-дн.	$t_{max}$ , чел.-дн.	$t_{ож}$ , чел.дн.	$T_p$ , раб.дн.	$T_k$ , кал.дн.
1	Руководитель, студент-дипломник	1	4	2	1	2
2	Студент-дипломник	15	40	25	25	36
3	Руководитель, студент-дипломник	5	14	9	5	7
4	Руководитель, студент-дипломник	4	15	8	4	6
5	Руководитель, студент-дипломник	12	27	18	9	13
6	Студент-дипломник	4	14	8	8	12
7	Студент-дипломник	5	16	9	9	13
8	Студент-дипломник	1	5	3	3	4
9	Руководитель, студент-дипломник	2	14	7	4	6
10	Студент дипломник	2	7	4	4	6
Итого						105

### Таблица 14 – Диаграмма Ганта

№ раб.	Вид работы	Исполни- тели	Т <sub>к</sub> , кал.д н.	Фев- раль	Март	Ап- рель	Май	Июн ь
1	Составле- ние и утвержде- ние задания НИР	Руководи- тель, студент- дипломник	2					
2	Изучение поставлен- ной задачи и поиск ма- териалов по теме	Студент- дипломник	36					
3	Выбор мо- делей и способов анализа	Руководи- тель, студент- дипломник	7					
4	Календар- ное плани- рование ра- бот	Руководи- тель, студент- дипломник	6					
5	Разработка моделей для иссле- дования	Руководи- тель, студент- дипломник	13					
6	Поиск ме- тодов ре- шения	Студент- дипломник	12					
7	Реализация моделей	Студент- дипломник	13					
8	Анализ по- лученных результата- тов, выво- ды	Студент- дипломник	4					
9	Оценка эф- фективно- сти полу- ченных ре- зультатов	Руководи- тель, студент- дипломник	6					
10	Составле-	Студент	6					

	ние пояс- нительной записки	ДИПЛОМНИК																		
--	-----------------------------------	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

■ – студент-дипломник, ■ – руководитель.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

№ ра б	Наименова- ние этапов	Исполнители по категориям	Трудоем- кость, чел.-дн.			Заработная плата, при- ходящаяся на один чел.- дн., тыс. руб.			Всего зара- ботная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утвержде- ние задания НИР	Руководи- тель	2	2	2	3,6	3,6	3,6	7,2	7,2	7,2
2	Изучение по- ставленной задачи и по- иск материа- лов по теме	Студент- дипломник	14	15	15	0,8	0,8	0,8	11, 2	12	12
3	Выбор моде- лей и спосо- бов анализа	Руководи- тель, студент- дипломник	3	1,5	3	4,4	4,4	4,4	13, 2	5,9	13, 2
4	Календарное планирова- ние работ	Руководи- тель, студент- дипломник	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
5	Разработка моделей для исследова- ния	Руководи- тель, студент- дипломник	8	8	8	4,4	4,4	4,4	35, 2	35, 2	35, 2
6	Поиск мето- дов решения	Студент- дипломник	7	9	8	0,8	0,8	0,8	5,6	7,2	6,4

Продолжение таблицы 16:

7	Реализация моделей	Студент-дипломник	5	6	5	0,8	0,8	0,8	4	4,8	4
8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник	2	2	2	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник	2	2,5	3	4,4	4,4	4,4	8,8	11	13,2
10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	6	5	6	0,8	0,8	0,8	4,8	4	4,8
Итого:									100,4	93,3	104,2

Таблица 21 - Некоторые антропометрические данные человека, которые следует учитывать при организации рабочего места

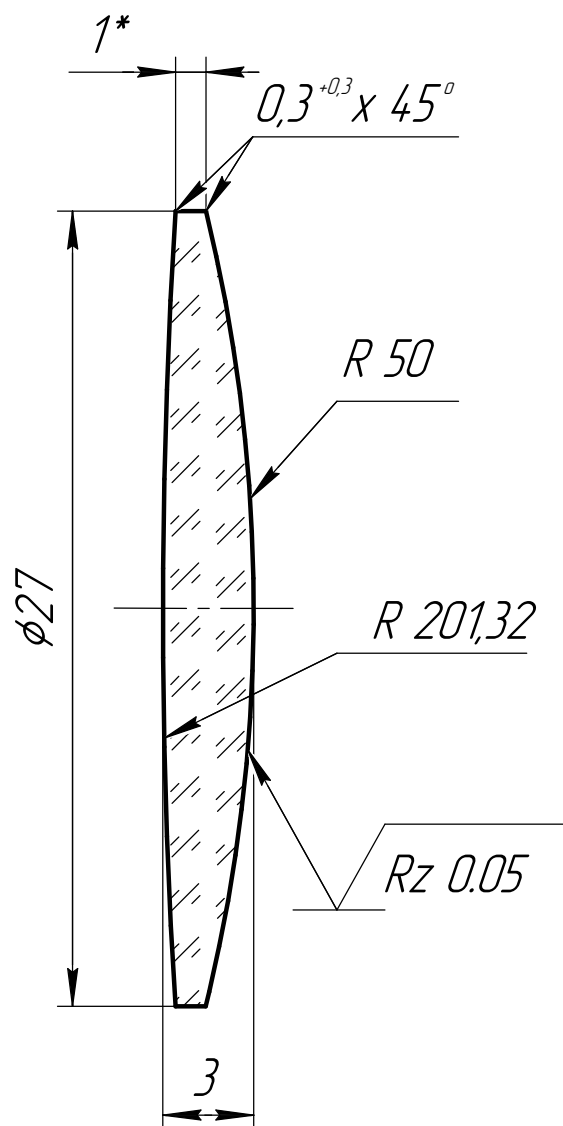
Антропометрические данные	Мужчины	
	М, см	S, см
Рост	167,8	5,8
Ширина плеч	44,6	2,2
Ширина внешнего контура расставленных ног (ступней)	82,8	7,2
Длина руки, протянутой вперед	74,3	3,8
Ширина внешнего контура колен (для ниши стола)	23,0	1,8
Высота в положении сидя	130,9	4,3
Уровень глаз от пола в положении сидя	118,0	4,3
Локтевая ширина (для подлокотников)	44,8	3,2
Наибольшая ширина бедер	34,4	2,1
Высота от уровня сидения	42,2	2,2

Примечание: М – математическое ожидание. S – среднеквадратичное отклонение.

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

Инв. № подл.	Т.контр.	Пров.	Разраб.	Изм. Лист
Инв. № докл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата

ФЮРА.0094В21.001



$f''$	79,37 мм
$Sf$	-77,76 мм
$S'f'$	78,97 мм
$CB\phi$	15 мм

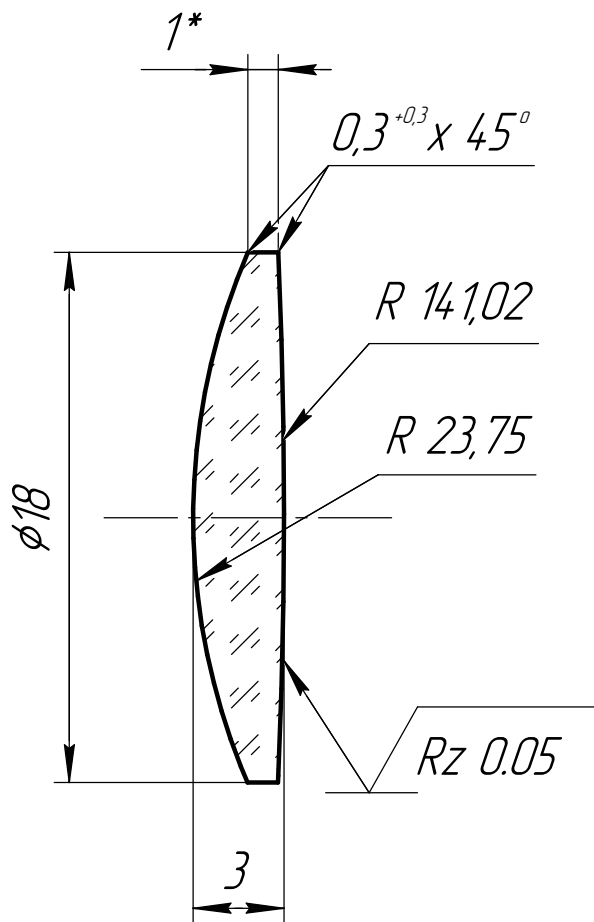
1. \* Размер для справок

ФЮРА.0094В21.001				
Коллимирующая линза				
Стекло К-8 ГОСТ 3514 - 94				
НИ ТПУ ИФВТ 4В21				
Лит.		Масса		Масштаб
Лист		Листов		1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Кусаинова Д.Е.			
Пров.	Скрипин А. С.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

Инв. № подл.	Т.контр.	Пров.	Разраб.	Изм. Лист
Инв. № дцкл.	Взам. инв. №	Инв. № дцкл.	Подп. и дата	

ФЮРА.0094В21.002



$f''$	32,34 мм
$Sf$	-14,2 мм
$S'f'$	22,2 мм
$CB\phi$	15 мм

ФЮРА.0094В21.002				
Фокусирующая линза				
Стекло К-8 ГОСТ 3514-94				
НИ ТПУ ИФВТ 4В21				
Лист 1				
Масса				
Масштаб 4:1				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Куцаинова Д.Е.		
Пров.		Скрипин А.С.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

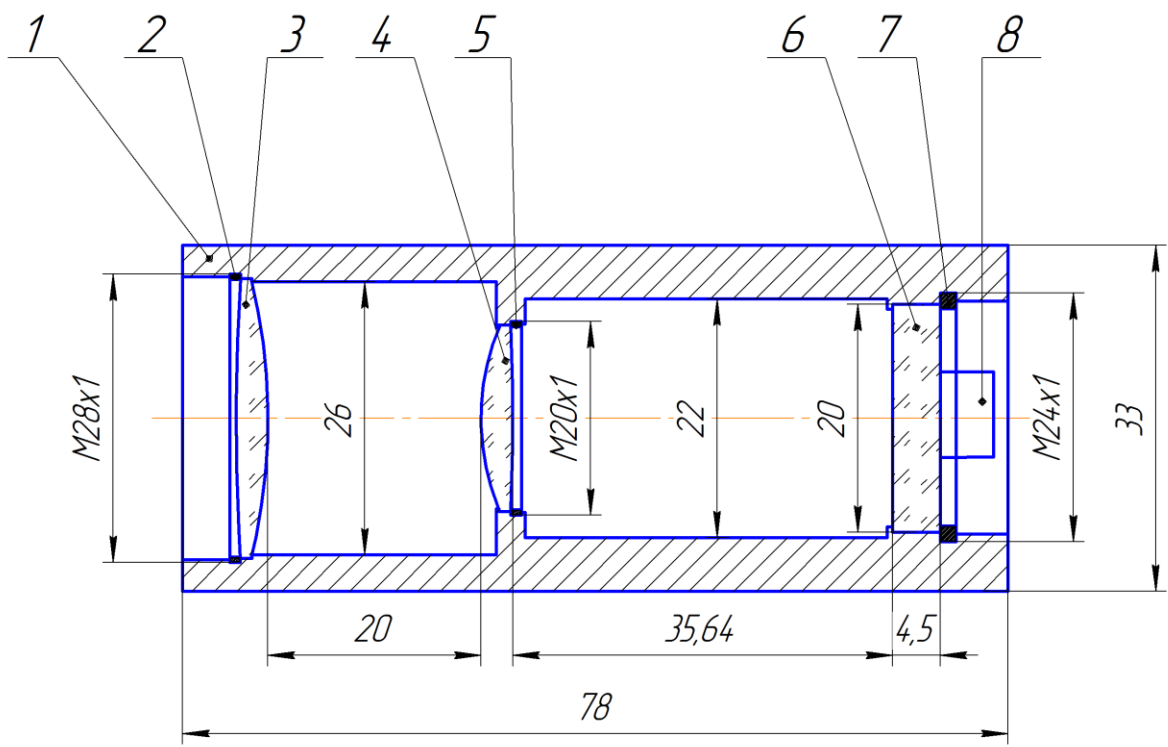
Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ФЮРА.0094В21.003



Поз.	Наименование	Обозначение	Кол.	Прим.
1	Корпус	-	1	
2	Металлическое кольцо М28	-	1	
3	Коллимирующая линза	ФЮРА.0094В21.001	1	
4	Фокусирующая линза	ФЮРА.0094В21.002	1	
5	Металлическое кольцо М20	-	1	
6	Защитное стекло	-	1	
7	Металлическое кольцо М24	-	1	
8	Взрывчатое вещество	-	1	

				ФЮРА.0094В21.003			
				Оптическая система для фокусировки лазерного пучка			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Кусаинова Д.Е.						1:1
Проб.	Скрипин А.С.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					НИ ТПУ ИФВТ 4В21		
Утв.					Копировал		
				Формат А3			

